



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Adición de concreto reciclado para el mejoramiento de la subrasante
en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

AUTORA:

Torres Atalaya, Marilyn Viviana (ORCID: 0000-0002-5851-2282)

ASESOR:

Mgtr. Minaya Rosario, Carlos Danilo (ORCID: 0000-0002-0655-523X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios y a Canela, por ser mi guía y ángel respectivamente, por protegerme y hacerme sentir que no estoy sola en cada momento de mi vida.

A mis apreciados abuelos Elsa, Estanislao, María y Vicente, por apoyarme y alentarme a ser mejor persona cada día.

A mis queridos padres Nina y Roberto por su cariño, cuidados y apoyo incondicional todos estos años.

A mis hermanos Miguel y Leonel, por ser las personas que más amo en la vida.

A mis docentes por sus enseñanzas y apoyo en mis años de estudio.

AGRADECIMIENTO

A mis padres Nina y Roberto por apoyarme económicamente al costear mis estudios.

A mi mamita Elsa por estar al pendiente de mis estudios, por motivarme a seguir adelante y por ser tan dulce conmigo.

Al Mgtr. Ing. Minaya Rosario Carlos por sus asesorías en la elaboración y ejecución de la presente tesis.

A todas las personas que me apoyaron a lo largo de mi vida académica.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1 Tipo y diseño de la investigación	12
Tipo de investigación de acuerdo al fin	12
Tipo de investigación de acuerdo al diseño metodológico.....	12
3.2 Variables y operacionalización.....	12
3.3 Población, muestra y muestreo.....	13
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5 Procedimientos.....	17
3.6 Método de análisis de datos	17
3.7 Aspectos éticos.....	18
IV. RESULTADOS	19
V. DISCUSIÓN.....	43
VI. CONCLUSIONES	47
VII. RECOMENDACIONES.....	48
REFERENCIAS	49
ANEXOS.....	56

Índice de tablas

Tabla 1: <i>Tipos de suelo según su IP</i>	9
Tabla 2: <i>Categoría de subrasante</i>	10
Tabla 3: <i>Cantidad de calicatas</i>	14
Tabla 4: <i>Cantidad de ensayos CBR</i>	15
Tabla 5: <i>Ensayos de laboratorio</i>	16
Tabla 6: <i>Contenido de finos de las tres calicatas</i>	23
Tabla 7: <i>Clasificación SUCS y AASHTO</i>	24
Tabla 8: <i>Límites de Atterberg de la calicata C-1 en su estado natural</i>	24
Tabla 9: <i>Límites de Atterberg adicionando el 10% de concreto reciclado</i>	25
Tabla 10: <i>Límites de Atterberg adicionando el 15% de concreto reciclado</i>	26
Tabla 11: <i>Límites de Atterberg adicionando el 20% de concreto reciclado</i>	27
Tabla 12: <i>Proctor Modificado de la calicata C-1 en su estado natural</i>	28
Tabla 13: <i>Proctor Modificado de la calicata C-1 con 10% de concreto reciclado</i> ..	29
Tabla 14: <i>Proctor Modificado de la calicata C-1 con 15% de concreto reciclado</i> ..	30
Tabla 15: <i>Proctor Modificado de la calicata C-1 con 20% de concreto reciclado</i> ..	31
Tabla 16: <i>C.B.R. de la calicata C-1 en su estado natural</i>	32
Tabla 17: <i>C.B.R. de la calicata C-1 con el 10% de concreto reciclado</i>	33
Tabla 18: <i>C.B.R. de la calicata C-1 con el 15% de concreto reciclado</i>	34
Tabla 19: <i>C.B.R. de la calicata C-1 con el 20% de concreto reciclado</i>	35
Tabla 20: <i>Límites de Atterberg con el 10%, 15% y 20% de concreto reciclado</i> ...	37
Tabla 21: <i>Proctor Modificado con 10%, 15% y 20% de concreto reciclado</i>	39
Tabla 22: <i>C.B.R. con 10%, 15% y 20% de concreto reciclado</i>	41

Índice de figuras

Figura 1: Mapa del Perú.....	19
Figura 2: Mapa del Callao	19
Figura 3: Localización de la avenida Pacasmayo	19
Figura 4: Calicata 1	20
Figura 5: Calicata 2	20
Figura 6: Calicata 3	20
Figura 7: Curva granulométrica de la Calicata 1	21
Figura 8: Curva granulométrica de la Calicata 2.....	22
Figura 9: Curva granulométrica de la Calicata 3.....	23
Figura 10: Diagrama de fluidez de la calicata C-1 en su estado natural	25
Figura 11: Diagrama de fluidez con 10% de concreto reciclado	26
Figura 12: Diagrama de fluidez con 15% de concreto reciclado	27
Figura 13: Diagrama de fluidez con 20% de concreto reciclado	28
Figura 14: Proctor modificado de la calicata C-1 en su estado natural	29
Figura 15: Proctor modificado de la calicata C-1 adicionando el 10% de concreto reciclado	30
Figura 16: Proctor modificado de la calicata C-1 adicionando el 15% de concreto reciclado	31
Figura 17: Proctor modificado de la calicata C-1 adicionando el 20% de concreto reciclado	32
Figura 18: C.B.R. vs densidad seca de la calicata C-1 en su estado natural	33
Figura 19: C.B.R. vs densidad seca adicionando 10% de concreto reciclado	34
Figura 20: C.B.R. vs densidad seca adicionando 15% de concreto reciclado	35
Figura 21: C.B.R. vs densidad seca adicionando 20% de concreto reciclado	36
Figura 22: Ensayo de análisis granulométrico por tamizado.....	37
Figura 23: Ensayo de Límites de Atterberg	37

Figura 24: Resultados de los Límite de Atterberg adicionando 10%, 15% y 20% de concreto reciclado	38
Figura 25: Ensayo de Proctor Modificado compactando a 25 golpes con el pistón.....	39
Figura 26: Introduciendo la muestra al horno	39
Figura 27: Resultados del Proctor Modificado adicionando 10%, 15% y 20% de concreto reciclado	40
Figura 28: Ensayo de CBR, colocando los anillos sobre la muestra compactada.....	41
Figura 29: Muestra en aparato medidor de expansión para graficar la curva del CBR	41
Figura 30: Comparación de los resultados del C.B.R. adicionando 10%, 15% y 20% de concreto reciclado	42

RESUMEN

La presente tesis titulada “Adición de concreto reciclado para el mejoramiento de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021” tiene como objetivo analizar la influencia de la adición de concreto reciclado en el mejoramiento de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021. La metodología es de tipo aplicada, de diseño cuasi-experimental, la población estuvo comprendida por todas las calicatas de 1.5 m de profundidad en la avenida Pacasmayo, comprendida entre la Av. Los Alisos y la calle Bolognesi, la muestra fueron 3 calicatas y los ensayos para caracterizar el suelo fueron límites de Atterberg, proctor modificado y CBR. Los resultados fueron que adicionando el 20% de concreto reciclado el IP se redujo a 7% donde la muestra pasó de tener plasticidad media a una plasticidad baja, se obtuvo la mayor densidad máxima seca de 2.127 gr/cm³ y la menor humedad óptima de 9.10%; por último, se obtiene un C.B.R. al 100% de la M.D.S. de 40.90% y un CBR al 95% de la M.D.S. de 28.50%. Se concluyó que la estabilización de la subrasante con concreto reciclado influye positivamente en las propiedades del terreno localizado en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles.

Palabras clave:

Subrasante, calicata, plasticidad, densidad.

ABSTRACT

The objective of this thesis entitled "Addition of recycled concrete to improve the subgrade on Pacasmayo avenue, Los Laureles urbanization, Callao 2021" aims to analyze the influence of the addition of recycled concrete on the improvement of the subgrade on Pacasmayo avenue, Los Laureles urbanization, Callao 2021. The methodology is of an applied type, of quasi-experimental design, the population was comprised of all the 1.5 m deep pits on Pacasmayo Avenue, between Los Alisos Avenue and Bolognesi Street, the sample consisted of 3 pits and the tests to characterize the soil were Atterberg limits, modified proctor and CBR. The results were that by adding 20% of recycled concrete the IP was reduced to 7% where the sample went from having medium plasticity to low plasticity, the highest maximum dry density of 2.127 gr / cm³ and the lowest optimum humidity of 9.10 were obtained. %; finally, you get a C.B.R. 100% M.D.S. 40.90% and a 95% CBR of the M.D.S. of 28.50%. It was concluded that the stabilization of the subgrade with recycled concrete has a positive influence on the properties of the land located on Pacasmayo Avenue, Los Laureles urbanization.

Keywords

Subgrade, pit, plasticity, density.

I. INTRODUCCIÓN

La infraestructura de transporte jugó un papel vital en el estado económico y social de todos los países.¹

Internacionalmente, varios países se las ingeniaron y aumentaron la calidad del suelo, con esto mejoraron sus propiedades y redujeron las fallas en los pavimentos. Entre estos países se encuentra **Ecuador** que utilizó óxido de calcio y cemento para estabilizar el suelo y acrecentó su capacidad portante, además, frente al mismo problema, **México** utilizó residuos de construcción y mejoró las propiedades del suelo, por último, **Colombia** empleó cenizas volantes de carbón mineral como estabilizante para suelos de baja resistencia y elevado contenido de arcilla. Y de la misma manera, muchas naciones emplearon diversas soluciones que compartían un mismo propósito, el cual fue aumentar la resistencia del suelo y garantizaron, geotécnicamente, un adecuado comportamiento de la infraestructura vial, ya que este era un factor primordial para su desarrollo integral como país.

En nuestro país, el transporte terrestre era una de las maneras más frecuentes de desplazar pasajeros y productos a través del territorio peruano, por tal razón la infraestructura vial fue una herramienta fundamental para la integración económica y social de la nación, contribuyó a la mejora del sector agrícola, ganadero, el comercio y el turismo; no obstante, a lo largo del Perú muchos caminos se encontraban en mal estado o simplemente carecían de pavimentación. Por tal razón, era necesario contar con suelos de calidad que resistieran las cargas de tránsito para que ofrecieran seguridad, estabilidad y durabilidad en las estructuras. Tomando en cuenta estas consideraciones, ciertos departamentos como **Cajamarca** han utilizado cemento portland tipo I en la subrasante, **Puno** agregó residuos de ladrillo de estructuras demolidas e incrementó la capacidad de soporte del suelo; y **Piura** empleó una mezcla de grava arcilla para la estabilización física de la subrasante logrando aumentar su resistencia y mejorando la calidad del suelo para soportar la infraestructura.

En la urbanización Los Laureles de Oquendo se ubica la Av. Pacasmayo, este camino de bajo tránsito se encontraba sin pavimentar, además también habían 2949 m² de pavimento flexible en algunos tramos. Esta estructura tenía, aproximadamente, 3 años de antigüedad y era de bajo flujo de vehículos, no

obstante, algunas áreas de su superficie de rodadura presentaban fallas como baches, fisuras longitudinales y piel de cocodrilo. Por tal motivo, para evitar el acelerado deterioro del pavimento era necesario mejorar las propiedades de la subrasante; para lograr eso, se utilizó concreto reciclado resultante de obras de construcción como estabilizador. Por consiguiente, la presente tesis ha propuesto el siguiente problema general: ¿De qué manera influye la adición de concreto reciclado en el mejoramiento de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021?

Del mismo modo los problemas específicos:

¿Cuánto influye la adición de concreto reciclado en el índice de plasticidad de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021?

¿Cuánto influye la adición de concreto reciclado en la máxima densidad seca de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021?

¿Cuánto influye la adición de concreto reciclado en la capacidad portante de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021?

Justificación teórica, referente a la variable independiente concreto reciclado que es el material extraído de las demoliciones de elementos estructurales de concreto.² se buscó estabilizar a la variable dependiente subrasante que viene a ser el terreno natural en el cual se apoya toda la estructura del pavimento y su función es resistir las cargas que el tránsito transmite al pavimento.³ Además, esta propuesta pudo llegar a oídos de nuestras autoridades y ponerse en práctica.

Justificación metodológica, esta metodología buscó conseguir y llevar a cabo los objetivos presentados en la investigación de forma eficiente apoyándose en los instrumentos de medición empleados en cada variable: Independiente: Concreto reciclado y Dependiente: Subrasante, los dos presentados en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao; al mismo tiempo pretendió alcanzar la validez y confiabilidad de la variable más importante de la investigación, logrando comprobar que el concreto reciclado sí pudo mejorar la calidad de la subrasante.

Justificación social, con esta idea se beneficiaron los pobladores cercanos al lugar en el sentido de que se recicló concreto para la estabilización de la subrasante

y se incrementó su calidad logrando mejorar la calidad de vida de las personas, reducir el deterioro del pavimento, la contaminación y embellecer la zona.

Justificación técnica, con esta propuesta se pudieron reducir las fallas en los tramos de la estructura que aún faltaban construir empleando concreto reciclado en la subrasante.

Objetivo general: Analizar la influencia de la adición de concreto reciclado en el mejoramiento de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021.

Del mismo modo, los objetivos específicos:

Determinar la influencia de la adición de concreto reciclado en el índice de plasticidad de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021.

Establecer la influencia de la adición de concreto reciclado en la máxima densidad seca de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021.

Precisar la influencia de la adición de concreto reciclado en la capacidad portante de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021.

Hipótesis general: La adición de concreto reciclado mejora la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021.

Del mismo modo, las hipótesis específicas:

La adición de concreto reciclado disminuirá el índice de plasticidad de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021.

La adición de concreto reciclado aumentará la máxima densidad seca de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021.

La adición de concreto reciclado incrementará la capacidad portante de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Entre los antecedentes internacionales se encuentra Parra, M. (2018), tuvo como objetivo efectuar la estabilización química del suelo por medio de la adición de ceniza volante en varias dosificaciones para obtener el porcentaje óptimo. La metodología fue de tipo aplicada, diseño cuasi experimental, la población fue el suelo de la ciudad de Bogotá y la muestra fueron cuatro porciones de caolín. Los resultados fueron que agregando 2%, 4%, 6% 8% de cal y ceniza, la cal tiene mayor capacidad de absorción de la humedad en la estabilización de suelos, respecto a los ensayos los instrumentos empleados fueron ensayos de proctor estándar, compresión y gravedad específica. La conclusión es que la cal concede una alta resistencia al suelo, sin embargo, la ceniza no contribuyó una mejora notable al suelo.⁴

Moreno, E. (2018), tuvo como objetivo determinar mineral y químicamente agregados reciclados de concreto triturado para saber si tienen las propiedades químicas que se necesitan para mejorar los suelos arcillosos. La metodología fue de tipo aplicada, diseño cuasi experimental, la población fue la ciudad de México y la muestra fueron 4 secciones de elementos reciclados de sobrantes de demolición y construcción de la Cd. de México. Los resultados fueron que solo la grava reciclada pulverizada a proporciones de 12.5%, 25% y 50% posee los contenidos minerales y la alcalinidad necesaria para ser considerada como un agente estabilizador, en cuanto a los ensayos los instrumentos empleados fueron ensayos granulométricos, microscopio electrónico de barrido JEOL modelo JSM-IT300, difracción de rayos X. La conclusión es que los agregados reciclados de concreto triturado tienen que considerarse como materiales alcalinos por la proporción de minerales base calcio que posee la pasta de cemento ligada a ellos.⁵

Gavilanes, E. (2015), tuvo como objetivo identificar las características mecánicas y físicas de la variación y estabilización del suelo en Santos Pamba agregando cemento y cal en porcentajes variados para conocer la condición de la subrasante de la vía. La metodología fue de tipo aplicada, diseño cuasi experimental, la población fue el sector Santos Pamba y la muestra fue el barrio Colinas del Sur. Los resultados fueron que se empleó porcentajes de 2% 4% 6% y 8% de cal y cemento, el IP para cada clase de suelo mejorado con cemento disminuyó en comparación al suelo natural, las propiedades de compactación para suelos

mejorados con cemento, eran semejantes, a causa de que existía un aumento en la densidad seca máxima y una reducción en el CDH, respecto a los ensayos los instrumentos empleados fueron ensayos de límites de Atterberg, proctor modificado, granulometría, CBR y contenido de humedad. La conclusión es que el empleo de cemento para mejorar la subrasante fue provechoso, porque se pudo reducir el grosor de la capa de rodadura ya sea pavimento rígido o flexible.⁶

Entre los antecedentes nacionales se encuentra Fernández N. (2018), tuvo como objetivo conocer la estabilización de la subrasante por medio de materiales provenientes de demoliciones en Av. malecón Checa, SJL. La metodología fue de tipo aplicada, diseño cuasi experimental, la población fue 1 km en la avenida Malecón Checa y la muestra fue el sector de Campoy. Los principales resultados fueron que la muestra presentó un OCH=8%, DMS=2.218 gr/cm³ y CBR (95% MDS) =48% en su estado inicial y con el 20% de concreto se obtuvo un OCH de 8.5%, DMS de 2.136 gr/cm³ y CBR (95% MDS) =78.3%, este resultado cumplió con las normas del MTC, respecto a los ensayos los instrumentos empleados fueron ensayos de granulometría por tamizado, proctor modificado, límites de consistencia y CBR. La conclusión es que sí se pudo mejorar la subrasante adicionando residuos de construcción porque se obtuvieron buenos resultados.⁷

Mamani R. (2019), tuvo como objetivo enriquecer las características mecánicas de la cantera Los monos agregando restos de ladrillo y concreto. La metodología fue de tipo aplicada, diseño cuasi experimental, la población fueron las canteras de suelos para la construcción de pavimentos de Juliaca y la muestra fueron las canteras “Los Monos”. Los principales resultados fueron que los restos de concreto en cantidades de 5% y 10% respecto al peso del suelo tienen una proporción recomendable de 10% con un IP=5.72%, DMS= 2.06% gr/cm³, OCH=6.27% y CBR al 100% de 64.07%, a comparación de un IP= 8.83%, DMS=1.652% gr/cm³, OCH=8.16% y CBR al 100% de 42.70% en su estado inicial, respecto a los ensayos los instrumentos fueron ensayos de granulometría, límites de consistencia, caracterización y compactación del suelo, y CBR. La conclusión es que la adición del 10% de restos de concreto como estabilizador de suelos de la cantera “Los Monos” fue excelente para mejorar las propiedades mecánicas de la subrasante.⁸

Delgado J. y León A. (2019), tuvo como objetivo mejorar la subrasante por medio de la grava-arcilla para incrementar el CBR de la calle Los Nogales. La metodología fue de tipo aplicada, diseño cuasi experimental, la población fueron 24 ensayos y la muestra fueron 4 porciones de suelo. Los resultados fueron que la cantidad correcta es de 50% de arcilla y 50% de grava, divididos en: 10% de piedra chancada de $\frac{1}{2}$ " + 40% de piedra de 1" + 10% de arena Arcillosa + 40% de material propio, respecto a los ensayos los instrumentos empleados fueron ensayos de límites de Atterberg, proctor modificado, granulometría, CBR y contenido de humedad. La conclusión es que la resistencia del suelo de Los Nogales incrementó considerablemente porque pasó de 4.7% de CBR a uno de 19.4% lo cual benefició a las futuras estructuras viales de la zona.⁹

En otros idiomas se encuentra Sanjay, D. (2012), the general objective of this research was to improve very soft subgrade high moisture content with various types of cementitious stabilizers to achieve high strength soils in road works. The methodology was applied, cuasi experimental, the population were soils were taken from various places and the samples used in this study were cast in the laboratory; the instruments used were tests of regression analysis, permanent deformation, moisture content and Atterberg limit. Los principales resultados fueron que el suelo se volvió más rígido y resistente debido a la incorporación de estabilizadores, ya que la tensión en la falla se redujo con una carga máxima aumentada. La conclusión es que a diferencia de las arcillas con alto contenido de plástico, los suelos limosos no eran aptos para ser tratados con cal y se comportaban mejor cuando se trataban solo con cemento, la característica de compactación del suelo estabilizado es una función de la naturaleza plástica del suelo crudo y para suelos con alto contenido de plástico, se minimiza la incorporación de estabilizador al suelo.¹⁰

Tavakol, M. (2019), the general objective of this research was to Find out if debris from pavement or structure demolition can be used to improve the subgrade for pavement. The methodology was applied, cuasi experimental, the population were roads of The United States and the samples used in this study was the state of Kansas; the instruments used were linear shrinkage, unconfined compressive strength, Standard proctor and California Bearing Ratio tests. Los principales resultados mostraron que el hormigón reciclado, junto con todos los materiales cementosos excepto la cal, mejoran la rigidez, resistencia y retracción del suelo. La

conclusión es que el ciclo de vida de los pavimentos flexibles que utilizaron mezclas estabilizadas con hormigón es aproximadamente para un período de diseño de 40 años.¹¹

Dardis, J. (2012), the general objective of this research was to investigate whether to add concrete debris from demolitions and structures can be used as a sustainable construction product. The methodology was applied explanatory, experimental and cross-sectional, the population was Ohio state, the samples was concrete remains from a demolished building and the sampling was non-probabilistic of an intentional type; the instruments used were tests of particle size tests, CBR and Atterberg limit. Los principales resultados fueron que el hormigón reciclado puede ser útil de varias formas, ya que se puede utilizar como agregado en nuevas estructuras de hormigón o asfalto, como material de relleno y drenaje; y como material base para estacionamientos y carreteras. La conclusión es que la practicidad de utilizar hormigón depende de las propiedades del material reciclado y para qué se utilizará y debe analizarse caso por caso.¹²

Entre los artículos científicos se encuentra Mejía É., Osorno L. y Osorio N. (2015), tuvo como objetivo determinar mineral y químicamente los restos de construcción producidos en Medellín. La metodología fue de tipo aplicada, diseño cuasi experimental, la población fue la escombrera Conasfaltos, la muestra fue compuestos de concreto, ladrillo y cemento. Los principales resultados fueron que después de realizar la molienda al concreto y asegurar una distribución de partículas pasante malla 200 de acuerdo a la serie de tamices Tyler la muestra obtuvo un porcentaje de humedad de 1,42 % y la mayor capacidad de contención de agua fue de 53 %, lo cual significa que los restos de demolición y construcción como el concreto mejora la capacidad de retención de agua que pierden los suelos dañados por actividades mineras, respecto a los ensayos los instrumentos empleados fueron ensayos de análisis granulométrico, contenido de humedad, difracción de Rayos X (DRX) y fluorescencia de rayos X. La conclusión es que los restos de demolición y construcción tuvieron un buen empleo en la bio-recuperación de suelos urbanos mineros dañados.¹³

Gómez L., Guillin W. y Gallardo R. (2016), tuvo como objetivo conocer la modificación de las características mecánicas de suelos con arcilla estabilizados

con cemento y cal. La metodología fue de tipo aplicada, diseño cuasi experimental, la población fueron las vías terciarias de Colombia, la muestra fue una porción de suelo limo arcilloso de las vías terciarias de Colombia en estado crítico. Los principales resultados fueron que agregaron cantidades de 2%, 3%, 4%, 5% y 6% para la combinación suelo-cemento y suelo-cal con y de 8%, 10%, 12%, 14% y 16% para la mezcla suelo-cemento, con esto se obtuvo una disminución en el IP entre 20 y 24%, un crecimiento de CBR entre 500 y 1300%, incremento en el ángulo de fricción hasta un 160%, e incrementó la resistencia a la compresión inconfiada hasta un 1400%, respecto a los ensayos los instrumentos empleados fueron ensayos de corte directo, pruebas de límites de plasticidad, CBR y compresión inconfiada. La conclusión es que la incorporación de la cal y el cemento resultó un buen método para el mejoramiento de suelos arcillosos, debido a que la subrasante redujo su plasticidad y mejoró su comportamiento para ser empleado como material de soporte a la estructura vial.¹⁴

Pacheco C., Fuentes L., Sánchez É. y Rondón A. (2017), tuvo como objetivo determinar si la madera, el concreto y el plástico se pueden reutilizar en obras de construcción. La metodología fue de tipo aplicada, diseño cuasi experimental y de corte transversal, la población fue la ciudad de Barranquilla, la muestra fueron 75 obras en diversos lugares de Barranquilla. Los principales resultados fueron que la madera, el concreto y el plástico resultaron ser restos con un elevado contenido de reciclaje y reutilización, respecto a los ensayos los instrumentos empleados fueron una ficha de recopilación de datos. La conclusión es que el concreto posee diferentes aplicaciones en pavimentos y edificaciones como agregado reciclado.¹⁵

Como bases teóricas relacionadas a las variables se tiene lo siguiente:

Subrasante, es un material natural que transporta cargas de estructuras de ingeniería civil.¹⁶ el suelo se mejora o reemplaza en la zona para cumplir con las características de ingeniería requeridas.¹⁷ La deformación constante del suelo proporciona una base para el diseño y evaluación de la subrasante.¹⁸ La capacidad portante del suelo es un agente fundamental que influye directamente en la elección de la espesura de las capas del pavimento; y es la encargada de soportar las cargas que el tráfico transfiere a la estructura.¹⁹ En síntesis, es el cimiento para la estructura o para caminos.²⁰

Plasticidad, es la propiedad que posee el suelo para modificar su forma sin desprender volumen ni quebrarse cuando se sujeta a fuerzas de compresión.²¹

El contenido de humedad tiene una influencia significativa en el módulo de resiliencia para suelo finos.²² Un suelo de plasticidad elevada es de los más frecuentes en la construcción de caminos.²³

Está en función de sus componentes finos y se obtiene con los Límites de Atterberg, los cuales detallan que tan sensible es la conducta de un suelo en relación a su % de humedad, fijando los límites pertenecientes a los tres estados de consistencia de acuerdo a su humedad y puede ser líquido, plástico o sólido; índice de plasticidad bajo representa un suelo poco arcilloso y un índice de plasticidad alto representa un suelo demasiado arcilloso.²⁴

Tabla 1: *Tipos de suelo según su IP*

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: Manual de Carreteras - Sección de Suelos y Pavimentos

Contenido de humedad, es la dosis de agua por volumen de suelo que hay en una superficie y se representa en porcentaje, el ensayo consiste en pesar la muestra de suelo antes y después del secado.²⁵ Los suelos expansivos se hinchan y encogen debido a las variaciones de humedad, las cuales causan graves fallas estructurales.²⁶

La humedad natural del suelo se compara con la humedad óptima obtenida con el ensayo de Proctor modificado. Además, si la humedad natural es menor o igual a la humedad óptima, el suelo se compactará de manera normal y se agregará agua, no obstante, si la humedad natural es mayor requerirá airear la subrasante, incrementar la energía de compactación o sustituir el material.²⁷

Máxima densidad seca, viene a ser la mayor densidad que puede alcanzar un suelo al ser compactado a la humedad óptima, la densidad se halla por medio del peso del suelo antes de sumergirlo y de su humedad, de la misma forma que en los

procedimientos del ensayo Proctor modificado, para obtener la densidad máxima y la humedad óptima.²⁸

Capacidad portante del suelo, es la propiedad que mide la resistencia del suelo, esta característica se cuantifica con el ensayo CBR. Una baja capacidad de soporte no puede cumplir con las propiedades mecánicas de subrasante.²⁹ Esta prueba expresa la relación entre el esfuerzo solicitado para penetrar un pistón cierta profundidad dentro la muestra ensayada y el esfuerzo necesario para penetrar un pistón igual a la misma profundidad dentro de un suelo patrón de piedra molida multiplicada por 100.³⁰ Como mínimo el CBR de un suelo debe ser 6% y si es menor entonces se emplean métodos para estabilizar la subrasante.³¹

Tabla 2: *Categoría de subrasante*

Categorías de Subrasante	CBR
S0 : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1 : Subrasante Pobre	De CBR \geq 3% A CBR < 6%
S2 : Subrasante Regular	De CBR \geq 6% A CBR < 10%
S3 : Subrasante Buena	De CBR \geq 10% A CBR < 20%
S4 : Subrasante Muy Buena	De CBR \geq 20% A CBR < 30%
S5 : Subrasante Excelente	CBR \geq 30%

Fuente: Manual de Carreteras - Sección de Suelos y Pavimentos

Los Límites de Atterberg, es el ensayo que se utiliza para caracterizar las fracciones de grano fino de la subrasante; los límites líquido, plástico y de contracción son conocidos como los límites Atterberg o consistencia y sus respectivos contenidos de humedad establecen los linderos de los diferentes estados de consistencia de terrenos cohesivos. El límite líquido, plástico, y el índice de plasticidad del suelo son frecuentemente empleados, tanto individual como en grupo, con otras propiedades de la subrasante para enlazarlos con su comportamiento ingenieril como la compactibilidad, compresibilidad, contracción-expansión, resistencia al corte y permeabilidad. Se denomina límite plástico a la mínima humedad con la que se pueden formar tubitos de suelo de unos 3,2 mm de diámetro, girando entre una superficie lisa y la palma de la mano, sin que dichas barritas se deshagan.³²

El Proctor modificado, es el ensayo que permite conocer la relación entre el peso unitario seco y el contenido de humedad de un suelo compactado, se debe controlar la compactación porque da cabida a un aumento en la densidad del suelo que provoca muchos beneficios.³³

El CBR, es el ensayo que se realiza para estimar la resistencia de la subrasante, subbase y material de base para utilizarlo en pavimentos, este ensayo por lo general se lleva a cabo sobre suelo preparado en el laboratorio en determinadas condiciones de humedad y densidad; no obstante, también puede realizarse en muestras inalteradas tomadas del terreno, en el caso de aplicaciones en donde el agua de compactación respecto al CBR es mínima, como por ejemplo materiales no cohesivos de granos gruesos, o cuando sea permitido para el efecto de distinguir las cantidades de agua de compactación en el cálculo de diseño, el CBR puede hallarse al óptimo contenido de agua de un esfuerzo de compactación específico, donde el peso unitario seco es generalmente el porcentaje mínimo de compactación permitido por la especificación de compactación de campo de la entidad usuaria.³⁴

Concreto reciclado, son agregados resultantes del reciclaje de residuos de concreto limpio donde el contenido de otros restos debe ser mínimo.³⁵ Se puede emplear como componente en la subrasante para construir nuevas estructuras viales o para rehabilitar estructuras que ya existen, estos son el producto de la molienda de concreto procedente de la destrucción de estructuras.³⁶

Obtención del concreto reciclado, resistencia y módulo de fineza, se realiza en tres pasos: primero se separa el concreto de las impurezas; segundo, es la rotura y el traslado; para transportarlo el concreto se parte en pequeños fragmentos hasta el lugar donde se hará la molienda; y por último, se trituran los trozos de concreto en donde el tamaño depende de la maquinaria empleada en el proceso, usualmente este procedimiento comienza con una trituradora primaria que achica los trozos de concreto hasta convertirlos en un material de 8 a 10 cm.³⁷

Se empleó como estabilizador un concreto de 175 kg/cm² triturado hasta partículas de 5 mm, provenientes de columnas de una casa de dos pisos de la zona.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de la investigación

Tipo de investigación de acuerdo al fin

La investigación de tipo aplicada busca solucionar problemas que afectan directamente a la comunidad por medio de teorías, en este caso los resultados no se ajustan a otras circunstancias porque tienen una aplicación inmediata.³⁸

Por consiguiente, la presente tesis fue de **tipo aplicada**, dado que puso en práctica los conocimientos existentes en el mejoramiento de la subrasante y la utilización de concreto reciclado, con el propósito de aumentar el valor del CBR con distintos porcentajes de residuos de concreto apoyándose en los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio y las propiedades de plasticidad, el contenido de humedad y la capacidad de soporte de la subrasante.

Tipo de investigación de acuerdo al diseño metodológico

Un estudio es **cuasi-experimental** cuando se altera como mínimo una variable independiente para determinar su influencia en la o las variables dependientes, en este tipo de investigación las muestras son escogidas de manera no aleatoria y no al azar.³⁹

De ahí que, la presente tesis fue de diseño cuasi-experimental a causa de que se adicionó de manera intencional porciones de concreto reciclado al suelo, con la intención de analizar su influencia en las propiedades de la subrasante, se realizaron cuatro pruebas de cada ensayo de laboratorio a las muestras con la adición de concreto reciclado en 10%,15% y 20% del peso de la muestra, cantidades seleccionadas tomando como base anteriores investigaciones sobre la estabilización de la subrasante con residuos de concreto.

3.2 Variables y operacionalización

Variable Independiente: Concreto reciclado

Definición conceptual: Es un material que proviene de un concreto que ha sido utilizado en otra obra que fue derribada, son el producto de la moledura de concreto procedentes de la destrucción de estructuras o del concreto excedente de ciertas construcciones y se presta como residuos.⁴⁰

Definición operacional: Las cantidades de concreto reciclado adicionadas al 10%, 15% y 20% respecto al volumen de la muestra, se emplearon para realizar ensayos de laboratorio, con el propósito de incrementar la capacidad portante, reducir el contenido de humedad y disminuir el índice de plasticidad de la subrasante, ulteriormente se realizó el análisis de datos, evaluó los resultados y corroboró las hipótesis.

Variable Independiente V1: Concreto reciclado

Variable Dependiente: Subrasante

Definición conceptual: Está constituida por suelos con características aceptables y compactados por capas para formar una estructura duradera que no se vea perjudicada por las cargas generadas por el tránsito.⁴¹

Definición operacional: La subrasante presenta propiedades física y mecánicas, y desde hace muchos años se idearon ensayos para representarla mejor. En la presente investigación primero se llevó a cabo el análisis granulométrico, el ensayo Proctor modificado para las 4 dosificaciones dispuestas (N, 10%, 15% y 20%), este resultado se comparó con el contenido natural de la muestra, luego se realizó el ensayo Límites de Atterberg para las 4 cantidades establecidas (N, 10%, 15% y 20%) para identificar el índice de plasticidad de la muestra y determinar si está en estado líquido, plástico y sólido, y por último se ejecutó el ensayo CBR a las 4 dosificaciones (N, 10%, 15% y 20%) para medir la variación de la capacidad portante.

Variable Dependiente V2: Subrasante

3.3 Población, muestra y muestreo

Población

La población es el cúmulo exacto de elementos del que se va a extraer la muestra, es el agrupamiento total de individuos que pueden ser entes, objetos o eventos que comparten alguna propiedad o particularidad de interés para el investigador y sobre la cual se van a inferir las conclusiones producto del análisis de datos.⁴²

La población estuvo comprendida por todas las calicatas de 1.5 m de profundidad en la avenida Pacasmayo, comprendida entre la Av. Los Alisos y la calle Bolognesi, y los ensayos para caracterizar el suelo que fueron proctor modificado, límites de

Atterberg y CBR, además de las 3 dosificaciones del concreto reciclado aplicadas a la muestra.

Muestra

El investigador puede iniciar su estudio eligiendo el tamaño de muestra confiable.⁴³

Es una fracción de individuos representativos de una agrupación denominada población, elegidos de manera aleatoria, y que son analizados con la finalidad de conseguir conclusiones válidas para toda la población estudiada.⁴⁴

La avenida Pacasmayo era una carretera con una calzada de dos carriles, un IMDA menor a 200 vehículos al día; de acuerdo a la Figura 3 se realizó 1 calicata por 1 km de carretera con 1.5 m de profundidad.

Tabla 3: *Cantidad de calicatas*

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 1 calicata x km 	

Fuente: Manual de Carreteras - Sección de Suelos y Pavimentos

Con base en la Tabla 4, se debe realizar 1 ensayo CBR por cada 3 km como mínimo. Por tal razón, al tener 3 km para 1 CBR y 1 km para 1 calicata, se efectuaron tres (03) calicatas para la toma de la muestra, la cual se empleó para los 4 ensayos de Próctor Modificado, Límites de Atterberg y CBR, para medir el

cambio de las propiedades de la subrasante adicionando el 10%, 15% y 20% de concreto reciclado a la muestra.

Tabla 4: *Cantidad de ensayos CBR*

Tipo de Carretera	N° Mr y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 1 km se realizará un CBR
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 1.5 km se realizará un CBR
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 2 km se realizará un CBR
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: Manual de Carreteras - Sección de Suelos y Pavimentos

Muestreo

El muestreo representa un porcentaje de la muestra.⁴⁵

Fue un muestreo no probabilístico porque los elementos de la muestra se eligieron en función al criterio del investigador, el cual se guía del Manual de Carreteras al momento de identificar el tipo de carretera para el estudio.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de recolección de datos

La recopilación de datos es el proceso de recopilar y medir información sobre variables de interés, de una manera sistemática establecida que le permite a uno responder preguntas de investigación planteadas, probar hipótesis y evaluar resultados.⁴⁶

Por tal razón, para la recolección de datos se empleó la observación con el fin de proponer probables soluciones a la problemática presentada, como también demostrar las hipótesis formuladas. Por otra parte, se utilizaron citas bibliográficas para las bases teóricas de cada fuente de información, teniendo como técnica la cuasi experimentación.

Simultáneamente, se empleó la reglamentación instaurada por el Ministerio de Transporte y comunicaciones: MTC E 107, MTC E 110, MTC E 111, MTC E 115 y MTC E 132.

Instrumentos de recolección de datos

Para mejorar la calidad de los resultados de la investigación, es conveniente que los datos se recopilen utilizando los instrumentos adecuados. ⁴⁷

De tal modo que para el presente estudio se ejecutaron ensayos para conseguir los resultados, por tal razón se nombra lo siguiente:

- Observación
- Fichas de laboratorio (Ver anexo)
- Ensayos

Tabla 5: *Ensayos de laboratorio*

	Ensayo	Instrumento
Ensayos	Ensayo de Análisis Granulométrico	Tamizado
	Ensayo de Clasificación de Suelos SUCS y AASHTOO	Tamizado
	Ensayo de Límites de Atterberg	Copa de Casagrande
	Ensayo de Proctor Modificado	Molde Cilíndrico
	Ensayo de CBR	Prensa Hidráulica

Fuente: Elaboración propia

Confiabilidad

Se refiere a la coherencia con la que un método mide algo. Si se puede lograr el mismo resultado de manera consistente utilizando los mismos métodos en las mismas circunstancias, la medición se considera confiable.⁴⁸

Por consiguiente, la confiabilidad es la aplicación constante de un objeto en estudio el cual tendrá que brindar resultados parecidos, garantizando confianza a los resultados e instrumentos empleados en la ejecución de los ensayos y al mismo tiempo se brindó los certificados de calibración empleados en cada ensayo.

Validez

La validez se refiere a la precisión con la que un método mide lo que se pretende medir. Si la investigación tiene una alta validez, eso significa que produce resultados que corresponden a propiedades, características y variaciones reales en el mundo físico o social.⁴⁹

Por tal razón, los instrumentos empleados fueron puestos a prueba por una validación de expertos en el tema de diseño de infraestructura vial, quienes revisaron minuciosamente y aprobaron el instrumento empleado es el presente estudio.

3.5 Procedimientos

Para determinar las propiedades de la subrasante se excavaron calicatas de 1.5 m de profundidad para extraer las muestras, las cuales se llevaron al laboratorio de suelos en bolsas de polietileno que se analizaron a través de los ensayos de contenido de humedad y proctor modificado para ver cómo se encontraba la humedad natural respecto al óptimo porcentaje de humedad; luego se realizó el ensayo de límites de consistencia para determinar el índice de plasticidad de la muestra, y por último se ejecutó el ensayo CBR para identificar la capacidad de soporte del suelo, todos estos ensayos se hicieron antes y después de adicionar las dosis de concreto reciclado a la subrasante.

3.6 Método de análisis de datos

Para el análisis de datos se tomaron apuntes y se elaboraron gráficos y cuadros en Excel, se procesó toda la información que arrojaron los ensayos de laboratorio para así poder entender de mejor manera los resultados y de esta manera comprobar

las hipótesis. La elección de información se ejecutó por medio de la observación directa, lo cual permitió ver cada uno de los ensayos de laboratorio, además se tomaron todas las anotaciones necesarias para el análisis de resultados.

3.7 Aspectos éticos

Perteneciendo al conglomerado de estudiantes de la facultad de Ingeniería Civil, la presente tesis se redactó de manera honesta, respetando la posición de los diferentes autores citados de acuerdo a la norma ISO 690-2010, cada uno con su respectiva referencia, señalando las normas, instrumentos y manuales que se emplearon en esta investigación, los cuales fueron cotejados por el Turnitin, con la finalidad de brindar una investigación íntegra e intachable.

IV. RESULTADOS

Nombre de la tesis:

Adición de concreto reciclado para el mejoramiento de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021

Ubicación:

Departamento : Lima

Provincia : Callao

Distrito : Callao

Ubicación : Avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles



Figura 1: Mapa del Perú

Fuente: Google Search



Figura 2: Mapa del Callao

Fuente: Google Search.

Localización:

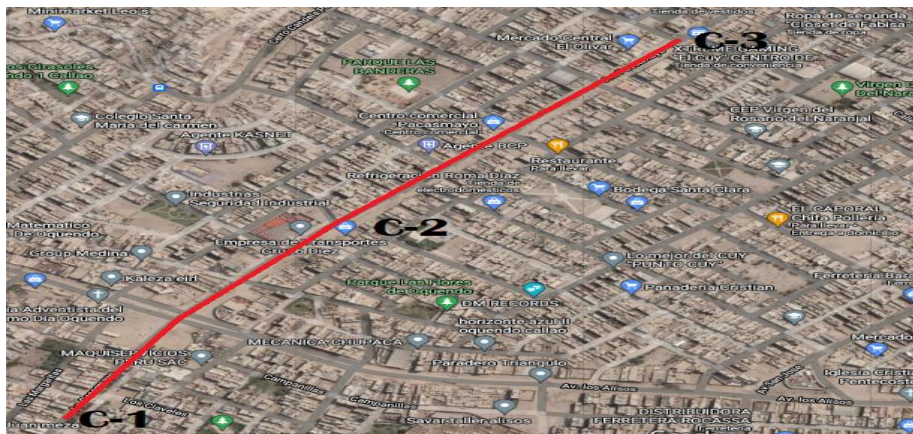


Figura 3: Localización de la avenida Pacasmayo

Fuente: Google Maps

El estudio se ejecutó en la avenida Pacasmayo, en el lugar se realizaron 3 calicatas de 1.50m de profundidad de manera intercalada, fue una por cada kilómetro.

Calicata 1

Progresiva 1 + 030 km

Profundidad 1.50 m

Lado de vía izquierdo



Figura 4: Calicata 1

Fuente: Elaboración propia

Calicata 3

Progresiva 2 + 030 km

Profundidad 1.50 m

Lado de vía derecho



Figura 5: Calicata 3

Fuente: Elaboración propia

Calicata 2

Progresiva 3 + 030 km

Profundidad 1.50 m

Lado de vía izquierdo



Figura 6: Calicata 2

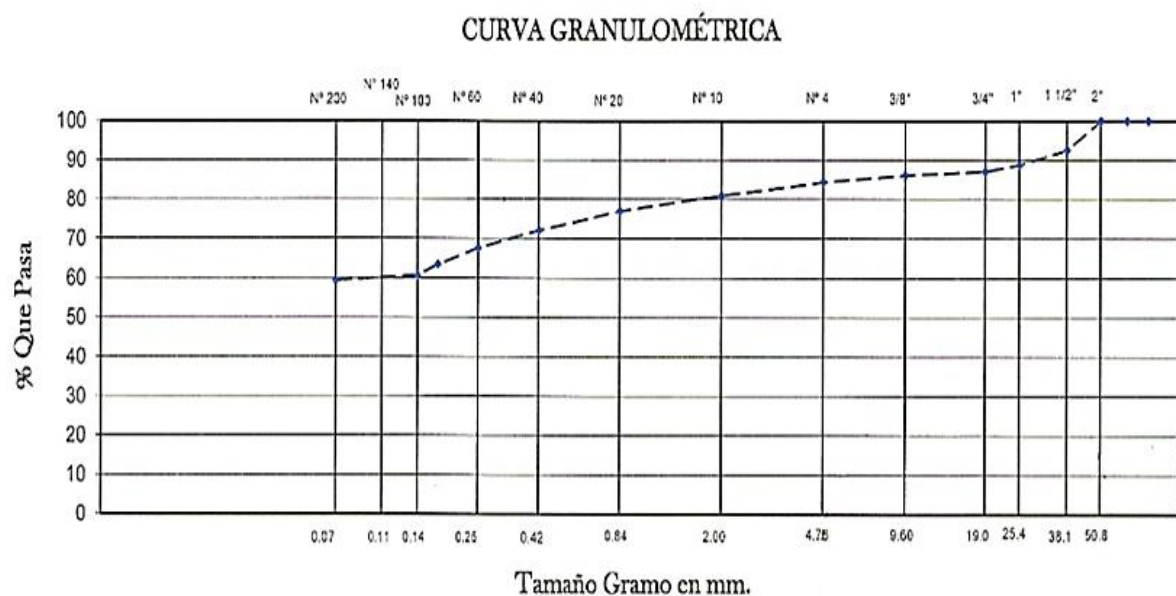
Fuente: Elaboración propia

Trabajo de laboratorio

Para este estudio se ejecutaron 3 calicatas porque según la Tabla 3 extraída del MTC se realiza 1 ensayo CBR por cada 3 km y 1 km para una calicata, a cada una de estas tres muestras se les realizó un ensayo de análisis granulométrico para identificar a la que contenía mayor contenido de finos y agregarle los porcentajes de 10%, 15% y 20% de concreto reciclado para ejecutar los demás ensayos.

Análisis Granulométrico ASTM D 422 MTC E 107

El ensayo de análisis granulométrico posibilitó saber las dimensiones de las partículas del suelo que traspasan por cada tamiz estandarizado por el ASTM D422, en primer lugar, se cuarteó la muestra extraída de cada calicata y ulteriormente se señaló la cantidad de la muestra retenida en cada malla.



% DE HUMEDAD ASTM D2216	1.30
% DE GRAVA	15.52
% DE ARENA	25.09
% DE FINOS	59.39

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318				LL 38	LP 25	IP 13
Clasif.	SUCS	ML	AASHTO	A-6		IG (6)

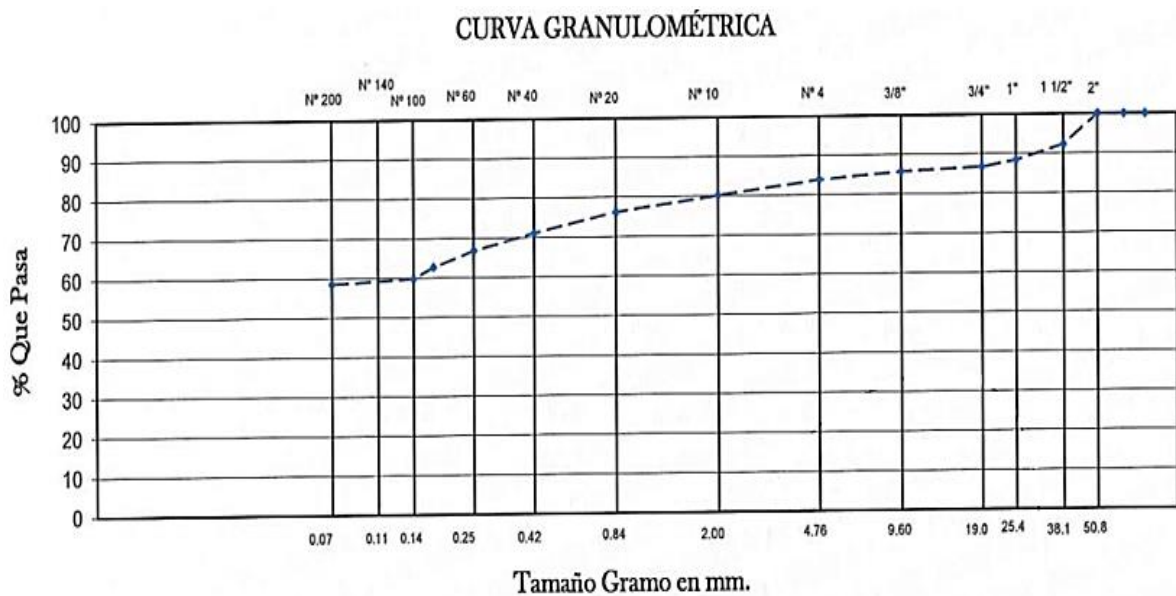
Figura 7: Curva granulométrica de la Calicata 1

Fuente: WRC INGENIERÍA SAC

Interpretación. – De acuerdo a la figura 7, el ensayo de análisis granulométrico demostró que en el material proveniente de la CALICATA 1, el contenido de finos

es el 59,39%, el contenido de arena es el 25.09% y, por último, el contenido de grava es el 15.52 %.

Según la muestra extraída de la calicata C-1 de la avenida Pacasmayo se observó de acuerdo a la clasificación SUCS en el laboratorio (WRC INGENIO S.A.C.) que la muestra fue un suelo LIMOSO INORGÁNICO DE BAJA COMPRESIBILIDAD (ML) y respecto a la clasificación AASHTOO es un suelo A-6 (6).



% DE HUMEDAD ASTM D2216	1.30
% DE GRAVA	16.10
% DE ARENA	25.29
% DE FINOS	58.60

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318			
LL	38	LP	25
IP	13		

Clasif.	SUCS	ML	AASHTO	A-6	IG(6)
---------	------	----	--------	-----	---------

Figura 8: Curva granulométrica de la Calicata 2

Fuente: WRC INGENIO SAC

Interpretación. – De acuerdo a la figura 8, el ensayo de análisis granulométrico demostró que en el material proveniente de la CALICATA 2, el contenido de finos es el 58.60%, el contenido de arena es el 25.29% y, por último, el contenido de grava es el 16.10%.

Según la muestra extraída de la calicata C-2 de la avenida Pacasmayo se observó de acuerdo a la clasificación SUCS en el laboratorio (WRC INGENIO S.A.C.) que la muestra fue un suelo LIMOSO INORGÁNICO DE BAJA COMPRESIBILIDAD (ML) y respecto a la clasificación AASHTOO es un suelo A-6 (6).

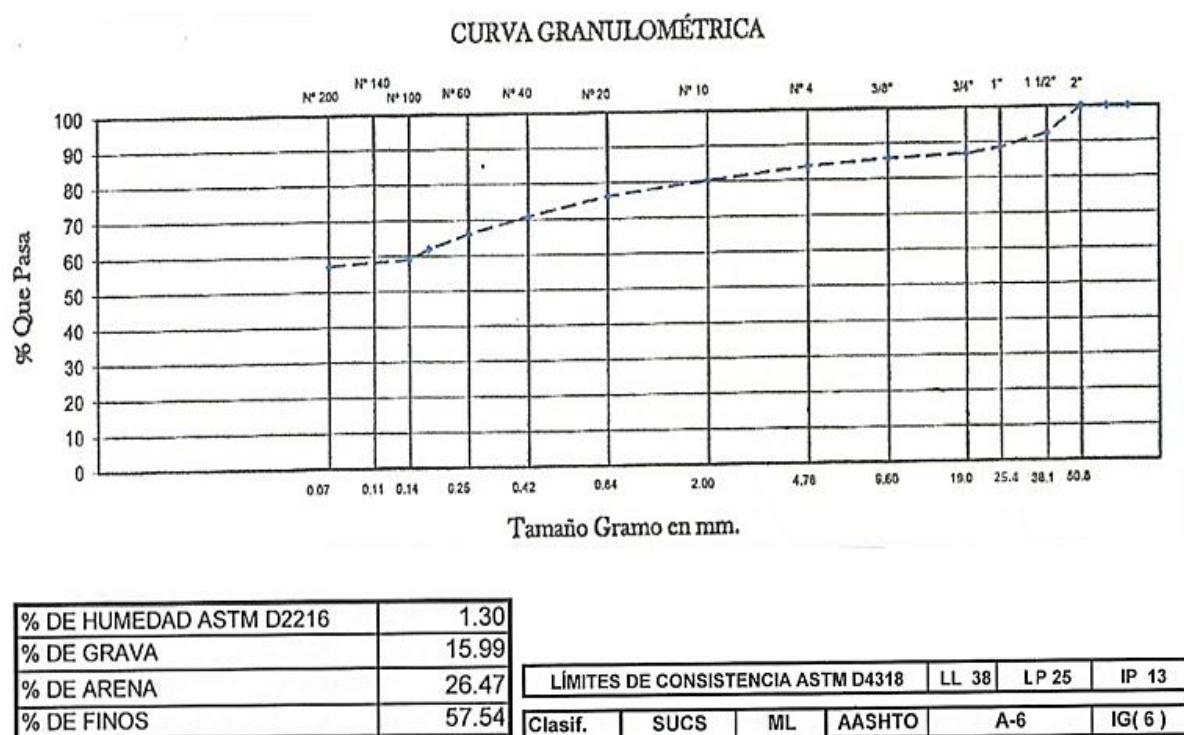


Figura 9: Curva granulométrica de la Calicata 3

Fuente: WRC INGENIO SAC

Interpretación. – De acuerdo a la figura 9, el ensayo de análisis granulométrico demostró que en el material proveniente de la CALICATA 3, el contenido de finos es el 57.54%, el contenido de arena es el 26.47% y, por último, el contenido de grava es el 15.99%.

Según la muestra extraída de la calicata C-3 de la avenida Pacasmayo se observó de acuerdo a la clasificación SUCS en el laboratorio (WRC INGENIO S.A.C.) que la muestra fue un suelo LIMOSO INORGÁNICO DE BAJA COMPRESIBILIDAD (ML) y respecto a la clasificación AASHTOO es un suelo A-6 (6).

Tabla 6: Contenido de finos de las tres calicatas

Calicatas	% de finos
C-1	59.39
C-2	58.60
C-3	57.50

Fuente: Elaboración propia

En síntesis, según la tabla 6 el análisis granulométrico la calicata C-1 obtuvo el mayor porcentaje de finos con un 59.39%, por tal razón, se le realizaron los demás ensayos como Límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR para caracterizar a la subrasante y ver la influencia del concreto reciclado en la muestra.

Tabla 7: *Clasificación SUCS y AASHTO*

Calicatas	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Contenido de humedad
C-1	ML	A-6	1.3%
C-2	ML	A-6	1.3%
C-3	ML	A-6	1.3%

Fuente: Elaboración propia

En síntesis, según la tabla 7 los resultados de los ensayos del laboratorio de mecánica de suelos WRC INGEO SAC, las calicatas C-1, C-2 y C-3 presentan clasificación SUCS correspondientes a un suelo limoso inorgánico de baja compresibilidad (ML) y acorde a la clasificación AASHTOO corresponden al grupo A-6(6) de los suelos limo arcillosos, además las tres calicatas presentan un 1.3% de contenido de humedad.

Límites de Atterberg ASTM D 4318 MTC E 110 MTC E 111

Se llevó a cabo los ensayos de Límites de Atterberg, el cual arroja información como el LL, LP e IP de la muestra que presentaba mayor porcentaje de material fino, la cual fue perteneciente a la calicata C-1; este ensayo se realizó a la muestra en su estado natural, es decir, sin agregar las dosis del concreto reciclado.

Tabla 8: *Límites de Atterberg de la calicata C-1 en su estado natural*

Calicata	Límites de Atterberg	
C-1	Límite líquido	38
	Límite plástico	25
	Índice de plasticidad	13

Fuente: Elaboración propia

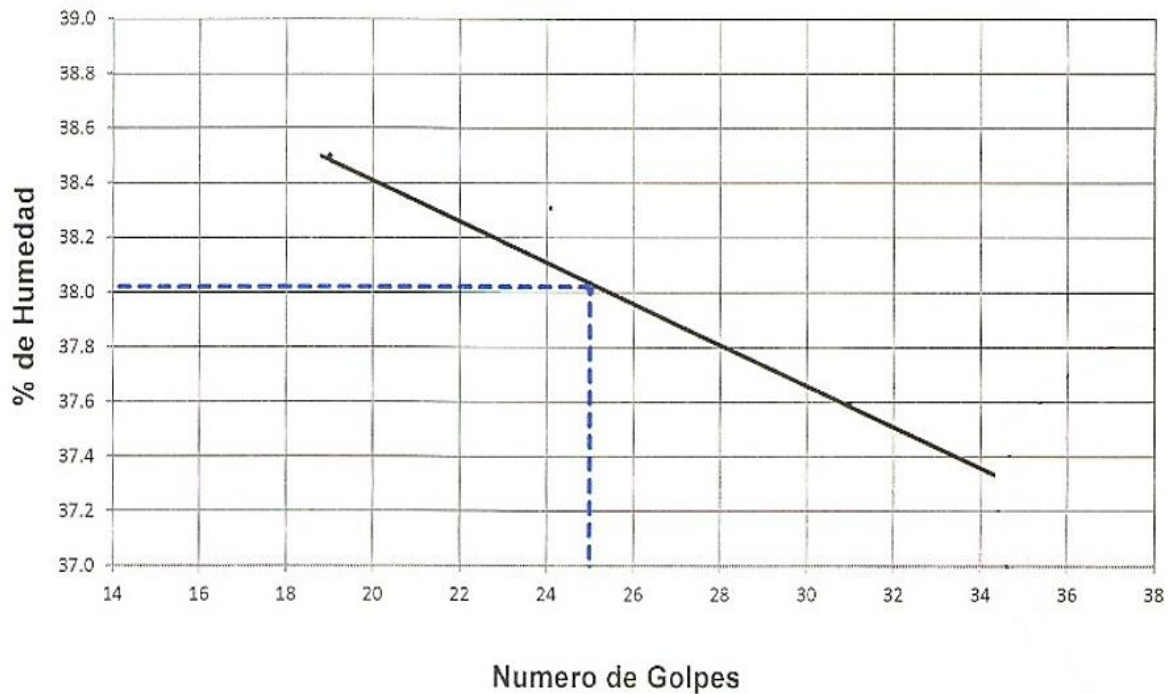


Figura 10: Diagrama de fluidez de la calicata C-1 en su estado natural

Fuente: Laboratorio WRC INGENIO S.A.C.

Interpretación. – En la tabla 8 se puede apreciar que la muestra de la calicata C-1 presenta un límite líquido de 38%, el límite plástico es del 25% y, como resultado, el índice de plasticidad es de 13%.

Se concluyó que la muestra es un suelo arcilloso de plasticidad media de acuerdo a la norma MTC E 111 en donde especifica que un suelo arcilloso presenta un $IP \leq 20$ y $IP > 7$.

Tabla 9: Límites de Atterberg adicionando el 10% de concreto reciclado

Calicata	Límites de Atterberg adicionando el 10% de concreto reciclado	
C-1	Límite líquido	37
	Límite plástico	26
	Índice de plasticidad	11

Fuente: Elaboración propia

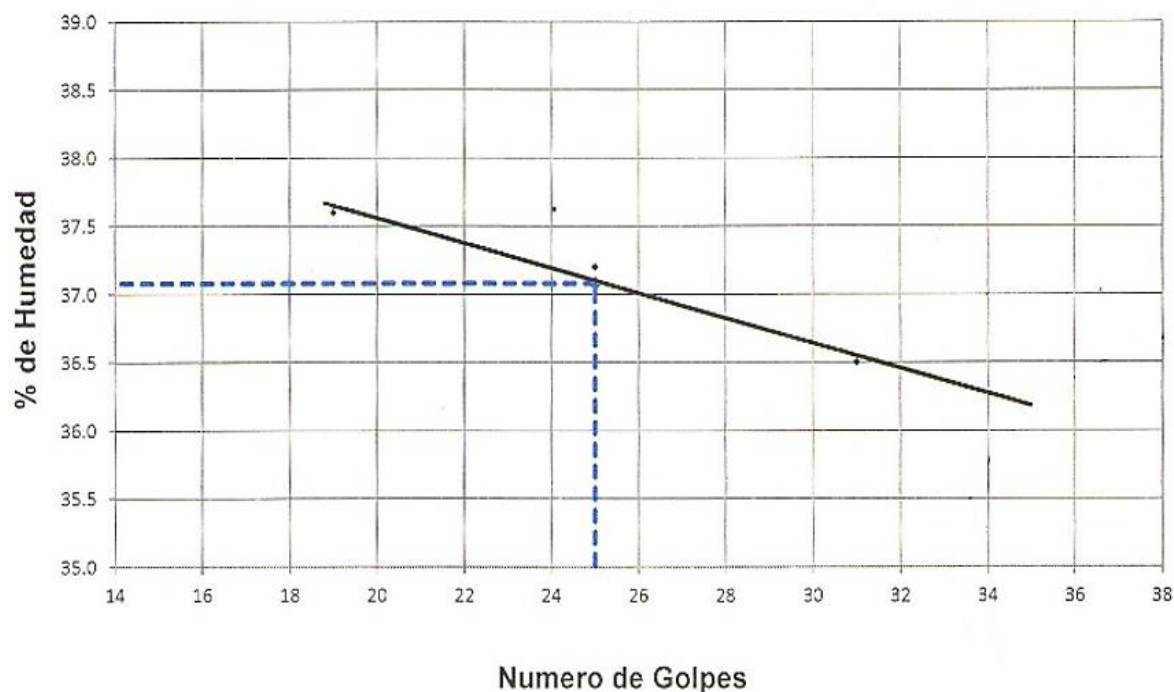


Figura 11: Diagrama de fluidez con 10% de concreto reciclado

Fuente: Laboratorio WRC INGEO S.A.C.

Interpretación. – En la tabla 9 se puede apreciar que la muestra de la calicata C-1 con 10% de concreto reciclado presenta un límite líquido de 37%, el límite plástico es del 26% y, como resultado, el índice de plasticidad es de 11%.

Se concluyó que la muestra es un suelo arcilloso de plasticidad media de acuerdo a la norma MTC E 111 en donde especifica que un suelo arcilloso presenta un $IP \leq 20$ y $IP > 7$.

Tabla 10: Límites de Atterberg adicionando el 15% de concreto reciclado

Calicata	Límites de Atterberg adicionando el 15% de concreto reciclado	
	Límite líquido	
C-1	Límite líquido	35
	Límite plástico	26
	Índice de plasticidad	9

Fuente: Elaboración propia

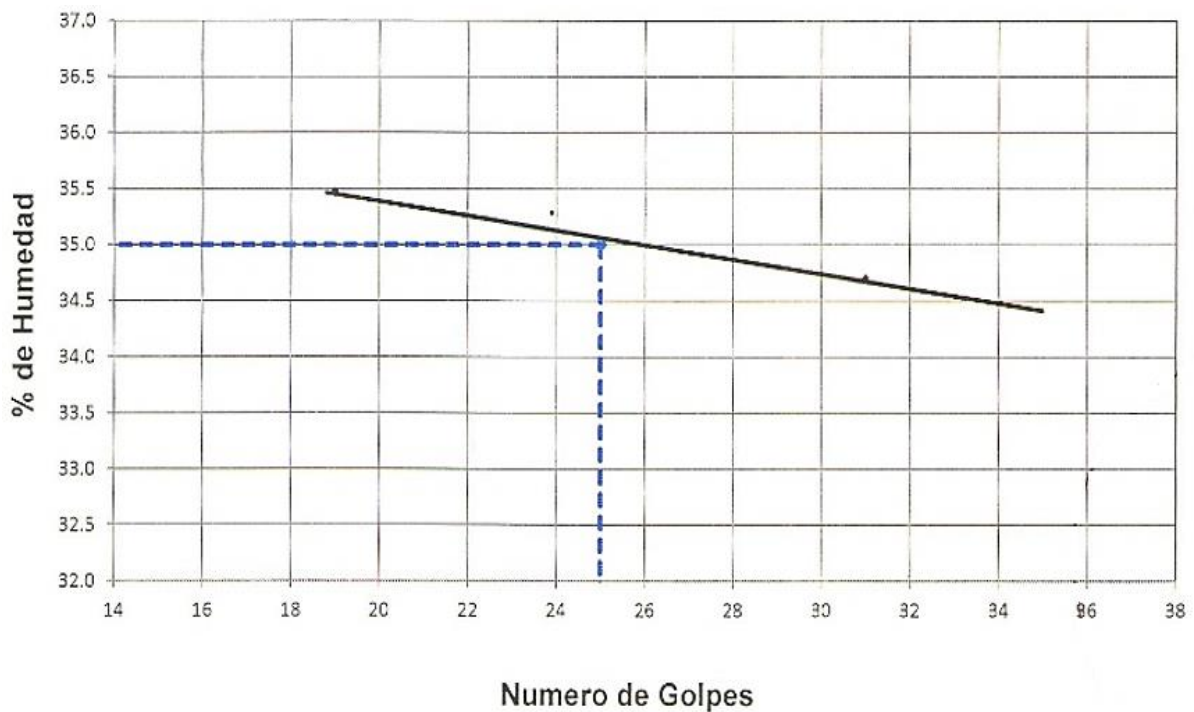


Figura 12: Diagrama de fluidez con 15% de concreto reciclado

Fuente: Laboratorio WRC INGENIO S.A.C.

Interpretación. – En la tabla 10 se puede apreciar que la muestra de la calicata C-1 con 15% de concreto reciclado presenta un límite líquido de 35%, el límite plástico es del 26% y, como resultado, el índice de plasticidad es de 9%.

Se concluyó que la muestra es un suelo arcilloso de plasticidad media de acuerdo a la norma MTC E 111 en donde especifica que un suelo arcilloso presenta un $IP \leq 20$ y $IP > 7$.

Tabla 11: Límites de Atterberg adicionando el 20% de concreto reciclado

Calicata	Límites de Atterberg adicionando el 20% de concreto reciclado	
	Límite líquido	
C-1	Límite líquido	34
	Límite plástico	27
	Índice de plasticidad	7

Fuente: Elaboración propia

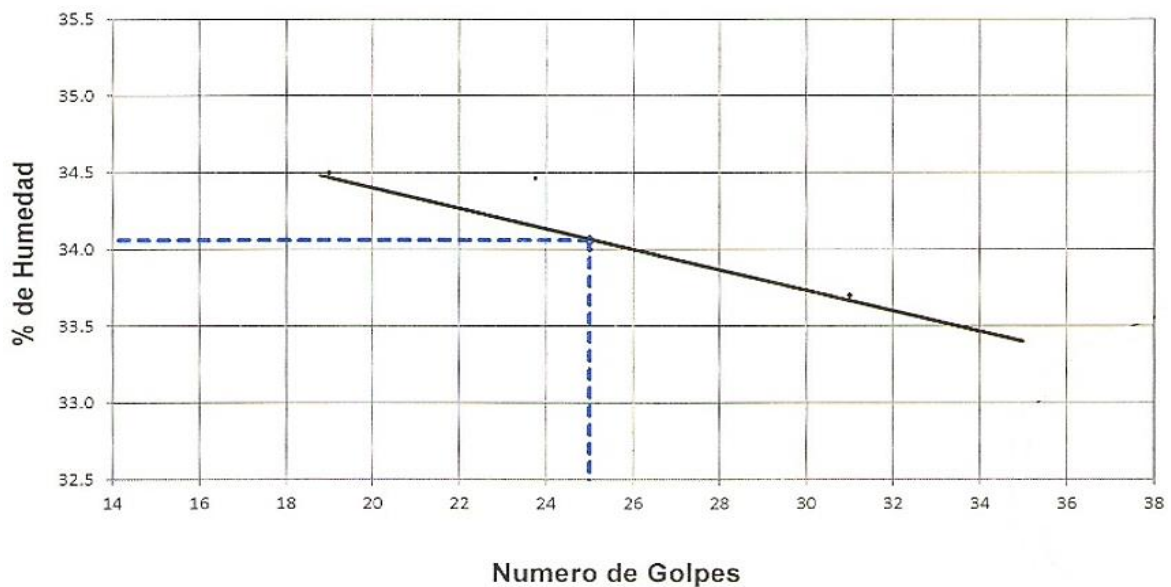


Figura 13: Diagrama de fluidez con 20% de concreto reciclado

Fuente: Laboratorio WRC INGENIO S.A.C.

Interpretación. – En la tabla 11 se puede apreciar que la muestra de la calicata C-1 con 20% de concreto reciclado presenta un límite líquido de 34%, el límite plástico es del 27% y, como resultado, el índice de plasticidad es de 7%. Se concluyó que la muestra es un suelo poco arcilloso de baja plasticidad porque presenta un $IP \leq 7$.

Proctor modificado ASTM D 1557 MTC E 115

El proctor modificado se ejecutó a través del método “A” debido a que el porcentaje de material retenido en la malla N° 4 es menor al 20% del peso de la muestra, el cual brindó la curvatura e información de la MDS y el OCH del material.

Tabla 12: Proctor Modificado de la calicata C-1 en su estado natural

Calicata C-1	Proctor Modificado				
Densidad seca	gr/cm ³	1.727	1.773	1.792	1.732
Contenido de humedad	%	8.40	11.00	13.64	15.50
Densidad máxima seca (gr/cm ³)					1.796
Humedad óptima (%)					13.00

Fuente: Elaboración propia

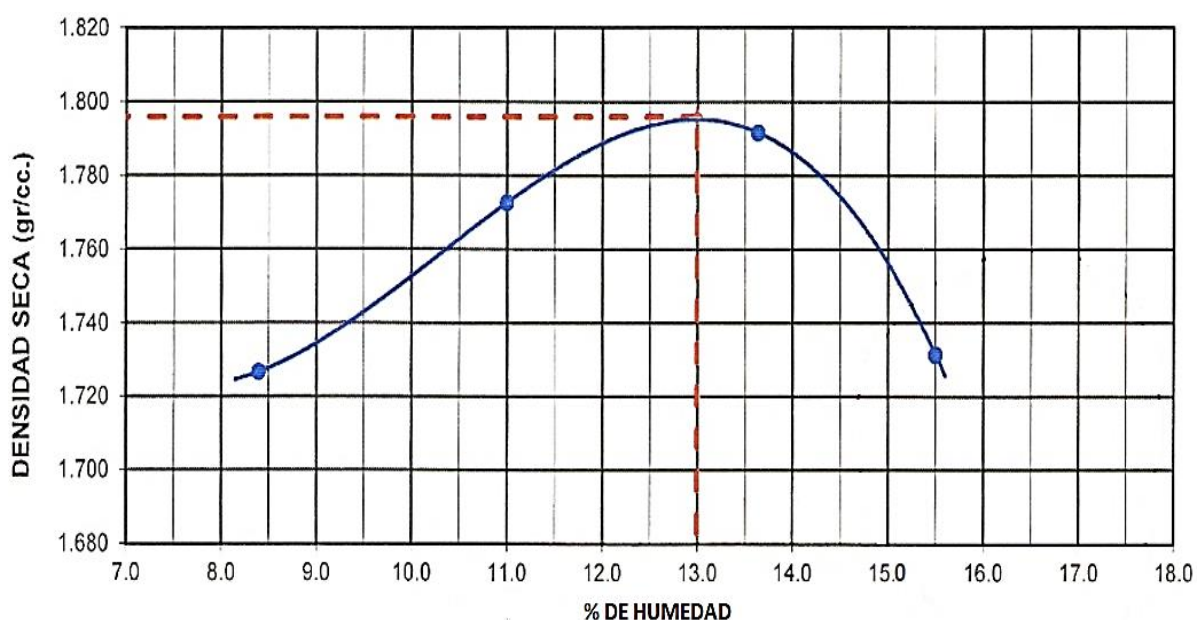


Figura 14: Proctor modificado de la calicata C-1 en su estado natural

Fuente: Laboratorio WRC INGENIO S.A.C.

Interpretación. – En la tabla 12 se pueden apreciar los resultados del Proctor Modificado realizado a la muestra en su estado natural respecto a la calicata C-1, ensayo que arrojó un óptimo contenido de humedad de 13% y una densidad máxima seca de 1.796 gr/cm³.

Tabla 13: Proctor Modificado de la calicata C-1 con 10% de concreto reciclado

Calicata C-1 + 10% C.R.	Proctor Modificado				
Densidad seca	gr/cm ³	1.707	1.759	1.799	1.762
Contenido de humedad	%	8.36	10.24	12.41	13.51
Densidad máxima seca (gr/cm ³)					1.801
Humedad óptima (%)					12.10

Fuente: Elaboración propia

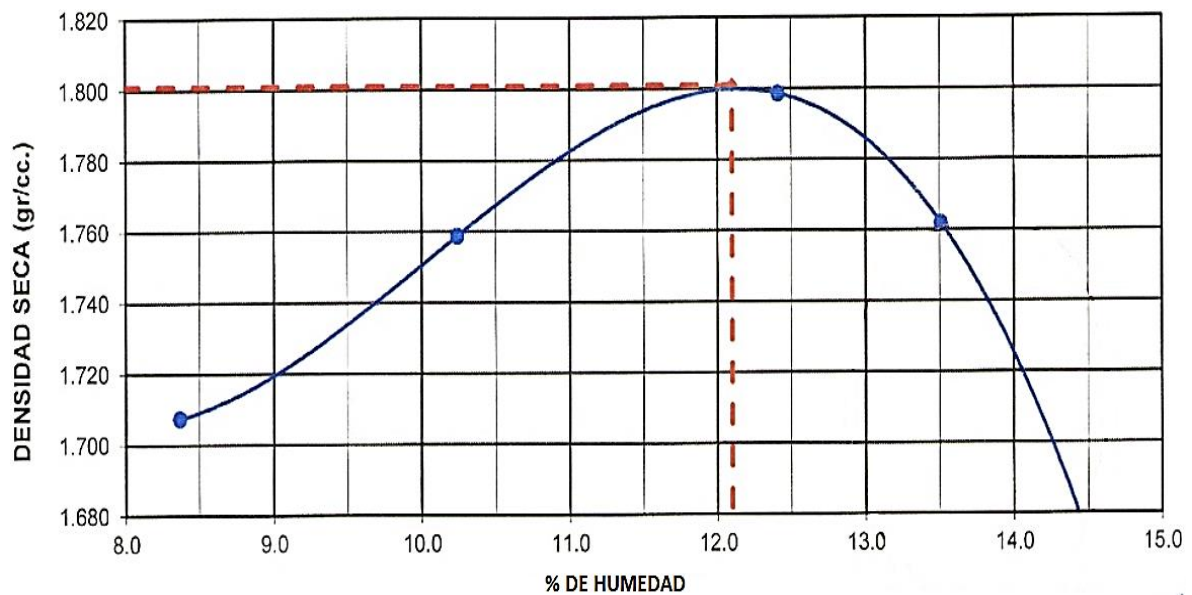


Figura 15: Proctor modificado de la calicata C-1 adicionando el 10% de concreto reciclado

Fuente: Laboratorio WRC INGENIO S.A.C.

Interpretación. – En la tabla 13 se pueden apreciar los resultados del Proctor Modificado realizado a la muestra de la calicata C-1 adicionando el 10% de concreto reciclado, el ensayo arrojó un óptimo contenido de humedad de 12.10 % y una densidad máxima seca de 1.801 gr/cm³.

Tabla 14: Proctor Modificado de la calicata C-1 con 15% de concreto reciclado

Calicata C-1 + 15% C.R.	Proctor Modificado				
Densidad seca	gr/cm ³	1.819	1.904	1.885	1.805
Contenido de humedad	%	8.39	10.40	13.45	14.80
Densidad máxima seca (gr/cm ³)					1.920
Humedad óptima (%)					11.60

Fuente: Elaboración propia

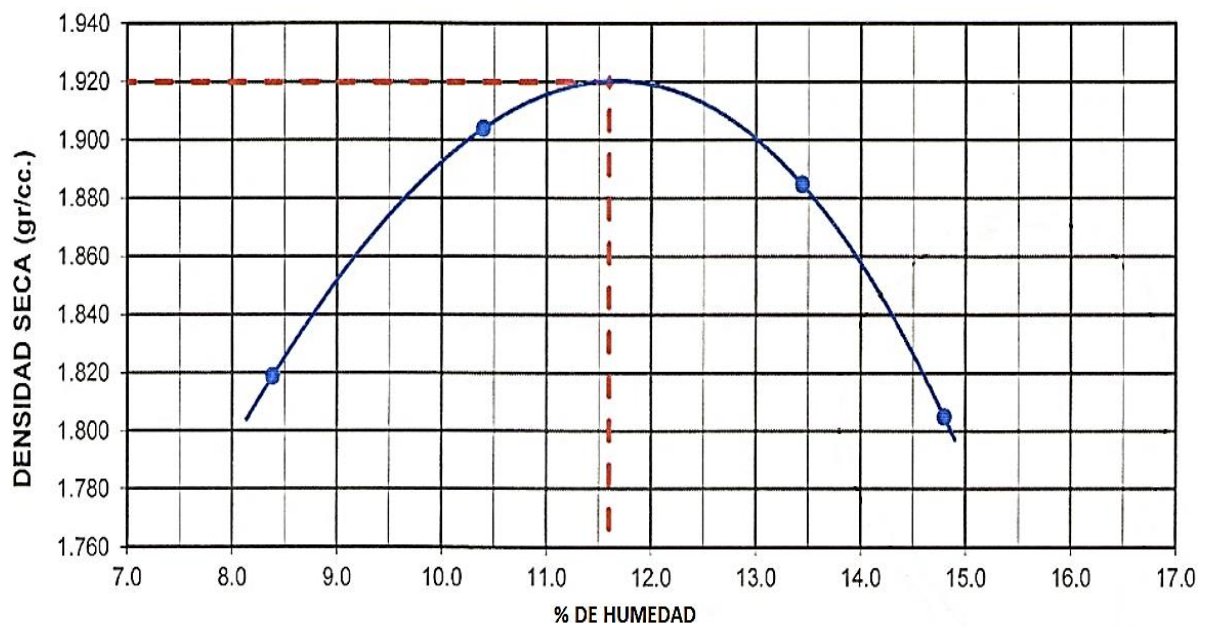


Figura 16: Proctor modificado de la calicata C-1 adicionando el 15% de concreto reciclado

Fuente: Laboratorio WRC INGEO S.A.C.

Interpretación. – En la tabla 14 se pueden apreciar los resultados del Proctor Modificado realizado a la muestra en natural de la calicata C-1 adicionando el 15% de concreto reciclado, el ensayo arrojó un óptimo contenido de humedad de 11.60 % y una densidad máxima seca de 1.920 gr/cm³.

Tabla 15: Proctor Modificado de la calicata C-1 con 20% de concreto reciclado

Calicata C-1 + 20% C.R.	Proctor Modificado				
Densidad seca	gr/cm ³	2.060	2.107	2.127	2.054
Contenido de humedad	%	5.03	7.26	9.38	11.60
Densidad máxima seca (gr/cm ³)					2.127
Humedad óptima (%)					9.10

Fuente: Elaboración propia

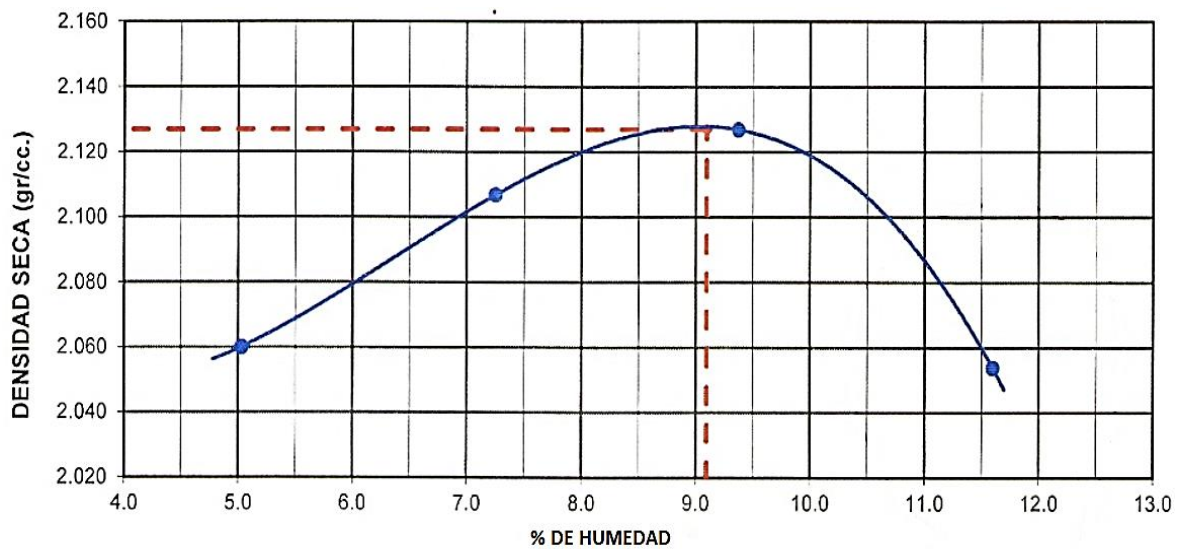


Figura 17: Proctor modificado de la calicata C-1 adicionando el 20% de concreto reciclado

Fuente: Laboratorio WRC INGENIO S.A.C.

En la tabla 15 se puede apreciar los resultados del Proctor modificado realizado a la muestra en natural de la calicata C-1 adicionando el 20% de concreto reciclado, el ensayo arrojó un óptimo contenido de humedad de 9.10 % y una densidad máxima seca de 2.127 gr/cm³.

California Bearing Ratio (C.B.R.) ASTM D 1883 MTC E 132

Se ejecutó el ensayo C.B.R. a la muestra de la calicata C-1 en su estado natural para identificar su capacidad portante inicial.

Tabla 16: C.B.R. de la calicata C-1 en su estado natural

Molde N°	Penetración (Pulg)	Presión aplicada (Lb/pulg ²)	Presión patrón (Lb/pulg ²)	CBR (%)
I	0.1	204	1000	20.4
II	0.1	148	1000	14.8
III	0.1	61	1000	6.1
CBR para el 100% de la M.D.S.				20.4
CBR para el 95% de la M.D.S				15.6

Fuente: Elaboración propia

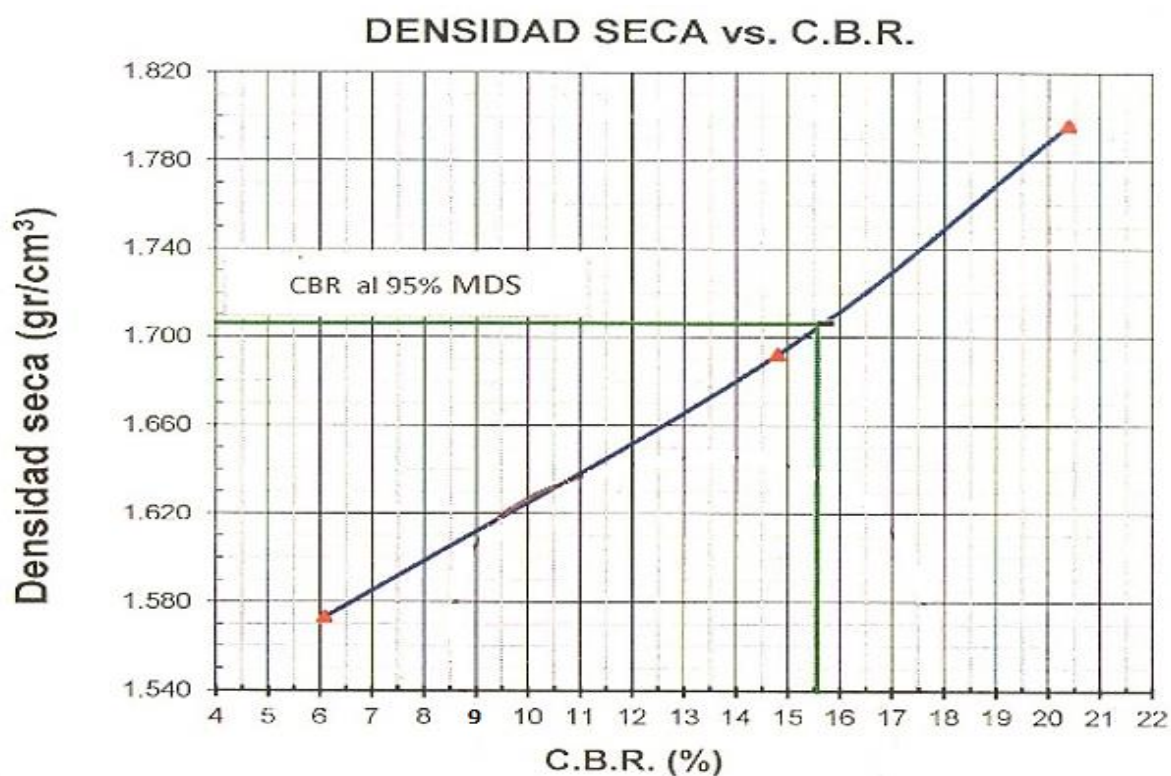


Figura 18: C.B.R. vs densidad seca de la calicata C-1 en su estado natural

Fuente: Laboratorio WRC INGENIO S.A.C.

Interpretación. – En la tabla 16 se puede apreciar el ensayo C.B.R. de la calicata C-1, el C.B.R. al 100% de la MDS a 0.1” de penetración es de 20.4% y en el C.B.R. al 95% de la MDS a 0.1” de penetración es de 15.6%.

Tabla 17: C.B.R. de la calicata C-1 con el 10% de concreto reciclado

Molde N°	Penetración (Pulg)	Presión aplicada (Lb/pulg²)	Presión patrón (Lb/pulg²)	CBR (%)
I	0.1	256	1000	25.6
II	0.1	164	1000	16.4
III	0.1	71	1000	7.1
CBR para el 100% de la M.D.S.				25.6
CBR para el 95% de la M.D.S				15.7

Fuente: Elaboración propia

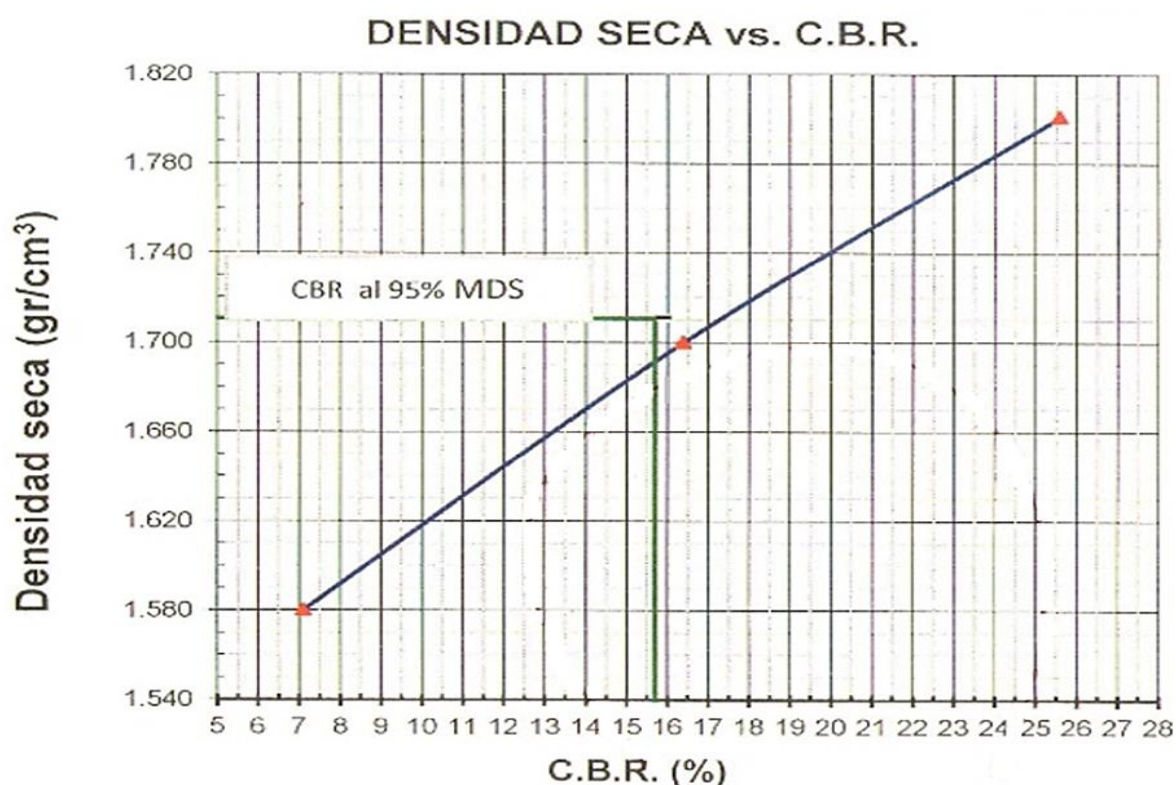


Figura 19: C.B.R. vs densidad seca adicionando 10% de concreto reciclado

Fuente: Laboratorio WRC INGENIO S.A.C.

Interpretación. – En la tabla 17 se puede apreciar el ensayo C.B.R. de la calicata C-1 adicionando el 10% de concreto reciclado, el C.B.R. al 100% de la MDS a 0.1” de penetración es de 25.6%% y en el C.B.R. al 95% de la MDS a 0.1” de penetración es de 15.7%.

Tabla 18: C.B.R. de la calicata C-1 con el 15% de concreto reciclado

Molde N°	Penetración (Pulg)	Presión aplicada (Lb/pulg²)	Presión patrón (Lb/pulg²)	CBR (%)
I	0.1	301	1000	30.1
II	0.1	213	1000	21.3
III	0.1	87	1000	8.7
CBR para el 100% de la M.D.S.				30.1
CBR para el 95% de la M.D.S				21.3

Fuente: Elaboración propia

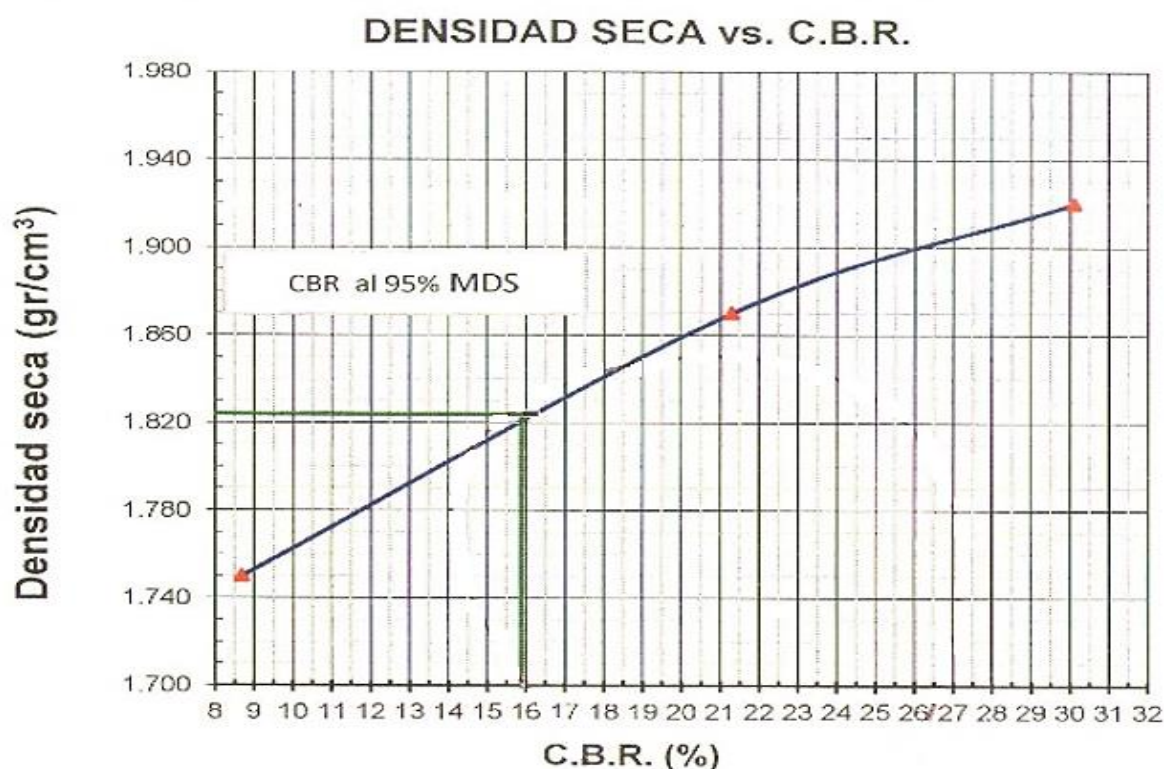


Figura 20: C.B.R. vs densidad seca adicionando 15% de concreto reciclado

Fuente: Laboratorio WRC INGENIO S.A.C.

Interpretación. – En la tabla 18 se puede apreciar el ensayo C.B.R. de la calicata C-1 adicionando el 15% de concreto reciclado, el C.B.R. al 100% de la MDS a 0.1” de penetración es de 30.1%% y en el C.B.R. al 95% de la MDS a 0.1” de penetración es de 21.3%.

Tabla 19: C.B.R. de la calicata C-1 con el 20% de concreto reciclado

Molde N°	Penetración (Pulg)	Presión aplicada (Lb/pulg²)	Presión patrón (Lb/pulg²)	CBR (%)
I	0.1	409	1000	40.9
II	0.1	285	1000	28.5
III	0.1	145	1000	14.5
CBR para el 100% de la M.D.S.				40.9
CBR para el 95% de la M.D.S				28.5

Fuente: Elaboración propia

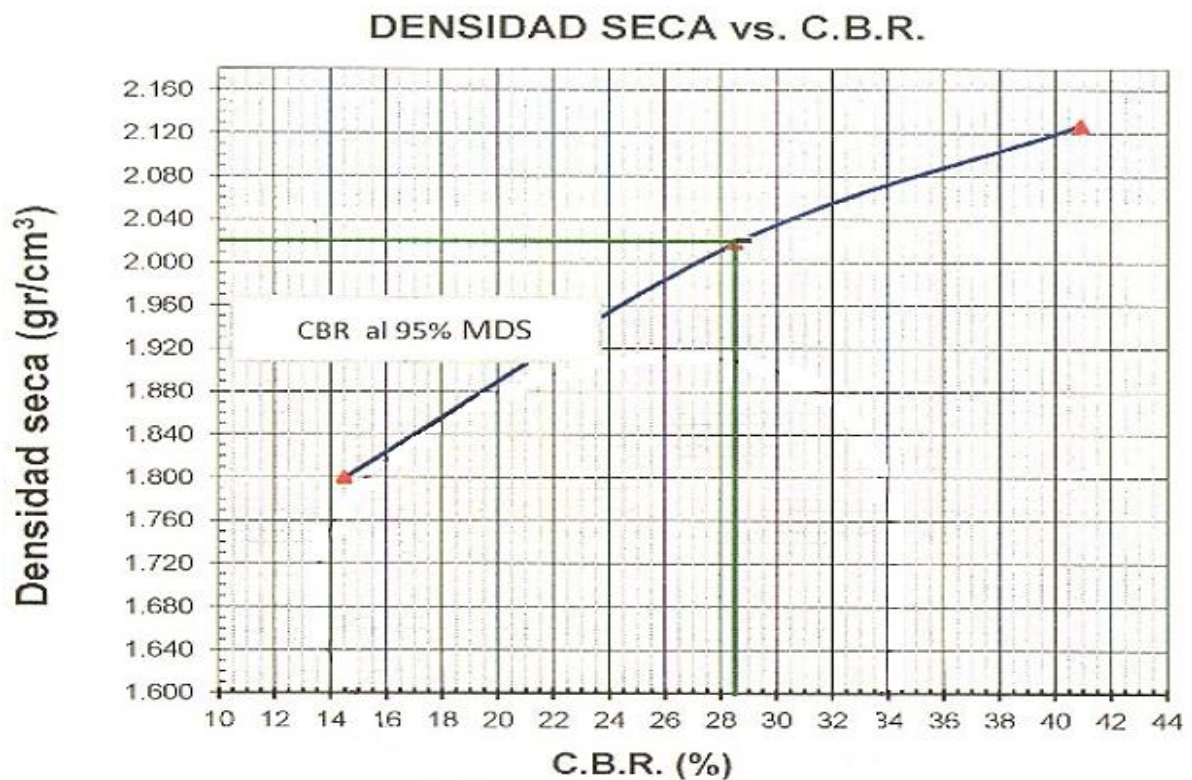


Figura 21: C.B.R. vs densidad seca adicionando 20% de concreto reciclado

Fuente: Laboratorio WRC INGEO S.A.C.

Interpretación. – En la tabla 19 se puede apreciar el ensayo C.B.R. de la calicata C-1 adicionando el 20% de concreto reciclado, el C.B.R. al 100% de la MDS a 0.1” de penetración es de 40.9% y en el C.B.R. al 95% de la MDS a 0.1” de penetración es de 28.5%.

Objetivo 1:

Determinar la influencia de la adición de concreto reciclado en el índice de plasticidad de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021.

Reseña del ensayo Límites de Atterberg ASTM D 4318 MTC E 110 MTC E 111

Se ejecutaron los ensayos de Límites de Atterberg, el cual permitió conocer el LL, LP e IP de la muestra que presentaba mayor cantidad de material fino más las dosificaciones de concreto reciclado a) Suelo al natural (N), b) N + 10% C.R. c) b) N + 15% C.R. d) N + 20% C.R.

Evidencia fotográfica:



Figura 22: Ensayo de análisis granulométrico por tamizado

Fuente: Elaboración propia



Figura 23: Ensayo de Límites de Atterberg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Límites de Atterberg con el 10%, 15% y 20% de concreto reciclado

Límites de Atterberg	N	N+10% C.R.	N+15% C.R.	N+20% C.R.
LL	38	37	35	34
LP	25	26	26	27
IP	13	11	9	7

Fuente: Elaboración propia

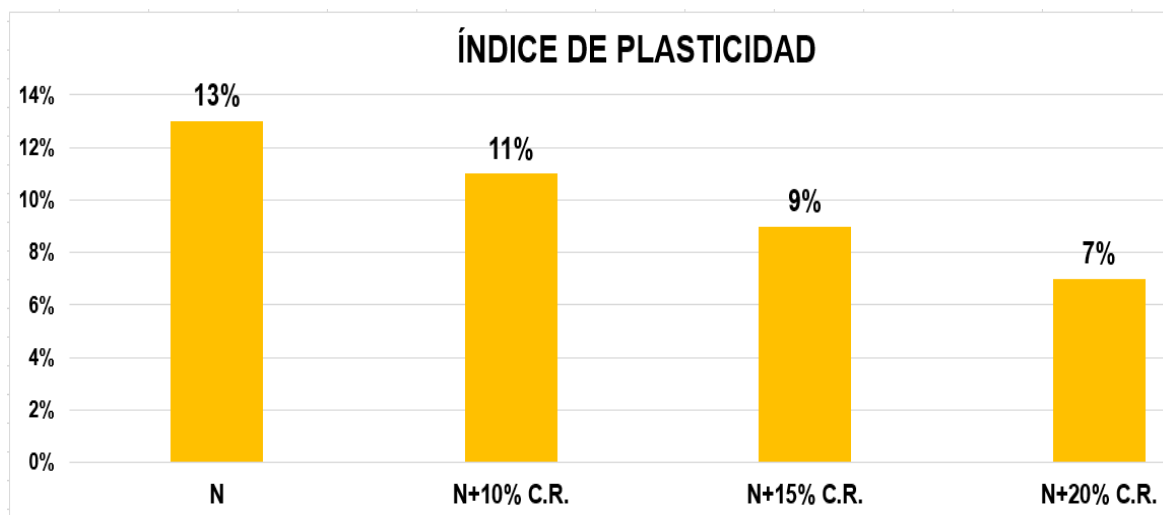


Figura 24: Resultados de los Límite de Atterberg adicionando 10%, 15% y 20% de concreto reciclado

Fuente: Elaboración propia

Interpretación. – En la figura 24 se puede apreciar que la muestra de terreno natural (N) presenta un $IP=13\%$, no obstante, al incorporarse cantidades de concreto reciclado se obtienen buenos resultados debido a que disminuye el índice de plasticidad con respecto a la muestra inicial. En síntesis, adicionando el 10%, 15% y 20% de concreto reciclado a la muestra, el IP se redujo a 11%, 9% y 7% respectivamente, siendo el último IP el más favorable porque la muestra pasó de tener plasticidad media a una plasticidad baja.

Objetivo 2:

Establecer la influencia de la adición de concreto reciclado en la máxima densidad seca de la subrasante en la avenida Pacasmayo urbanización Los Laureles, Callao 2021.

Proctor modificado ASTM D 1557 MTC E 115

Se realizaron los ensayos de Proctor Modificado por medio del método “A”, el cual permite conocer la relación entre el peso unitario seco del suelo y el contenido de agua de la muestra más las dosificaciones de concreto reciclado con a) Suelo al natural (N), b) N + 10% C.R. c) b) N + 15% C.R. d) N + 20% C.R.

Evidencia fotográfica:



Figura 25: Ensayo de Proctor Modificado compactando a 25 golpes con el pistón

Fuente: Elaboración propia



Figura 26: Introduciendo la muestra al horno

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Proctor Modificado con 10%, 15% y 20% de concreto reciclado

Proctor Modificado	N	N+10% C.R.	N+15% C.R.	N+20% C.R.
Densidad máxima seca (gr/cm ³)	1.796	1.801	1.920	2.127
Humedad óptima (%)	13.00	12.10	11.60	9.10

Fuente: Elaboración propia

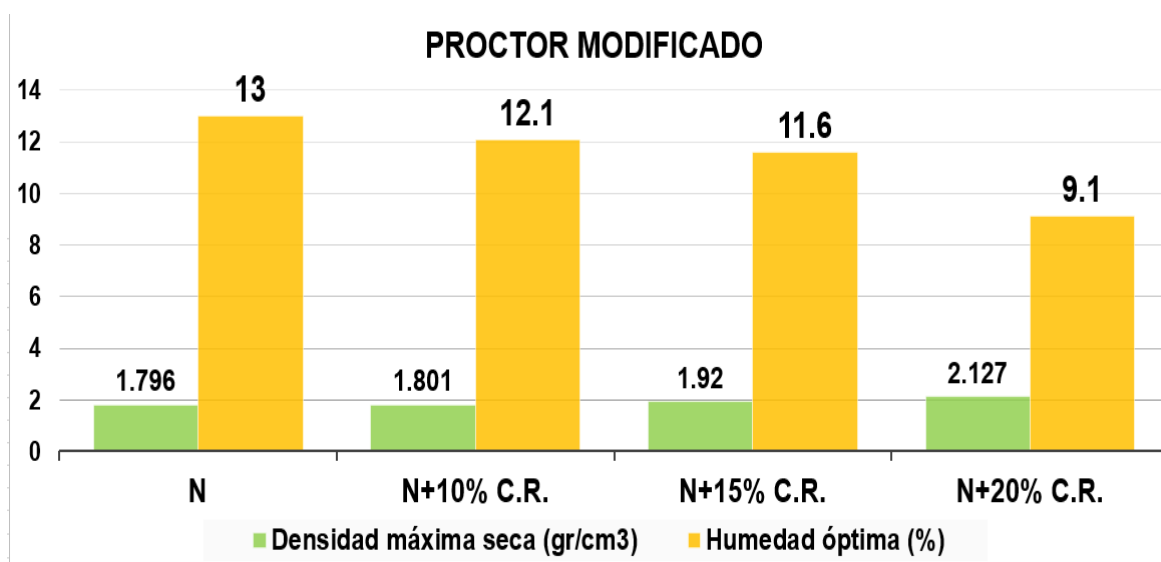


Figura 27: Resultados del Proctor Modificado adicionando 10%, 15% y 20% de concreto reciclado

Fuente: Elaboración propia

Interpretación. – En la figura 27 se pueden distinguir los resultados del Proctor Modificado realizado a la calicata C-1 en su estado natural en donde se aprecia que su densidad máxima seca es 1.796 gr/cm³ y su humedad óptima es 13%. Del mismo modo, al adicionar 10% de concreto reciclado a la muestra la densidad máxima seca es 1.801 gr/cm³ y su humedad óptima es 12.10%, al adicionar 15% la densidad máxima seca es 1.920 gr/cm³ y su humedad óptima es 11.60% y, por último, al adicionar 20% densidad máxima seca es 2.127 gr/cm³ y su humedad óptima es 9.10%. En síntesis, adicionando el 20% de concreto reciclado a la muestra se obtiene la mayor densidad máxima seca de 2.127 gr/cm³ y la menor humedad óptima de 9.10%.

Objetivo 3:

Precisar la influencia de la adición de concreto reciclado en la capacidad portante de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021.

California Bearing Ratio (C.B.R.) ASTM D 1883 MTC E 132

Se realizaron los ensayos de C.B.R. el cual permite identificar el índice de resistencia del suelo, el ensayo se realizó a la muestra más las dosificaciones de

concreto reciclado con a) Suelo al natural (N), b) N + 10% C.R. c) b) N + 15% C.R. d) N + 20% C.R.

Evidencia fotográfica:



Figura 28: Ensayo de CBR, colocando los anillos sobre la muestra compactada

Fuente: Elaboración propia



Figura 29: Muestra en el aparato medidor de expansión para graficar la curva del CBR

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: C.B.R. con 10%, 15% y 20% de concreto reciclado

Muestra	Resultados a 0.1" de penetración	
	CBR al 100 % de la M.D.S.	CBR al 95 % de la M.D.S.
N	20.4%	15.6%
N+10% C.R.	25.6%	15.7%
N+15% C.R.	30.1%	21.3%
N+20% C.R.	40.9%	28.5%

Fuente: Elaboración propia

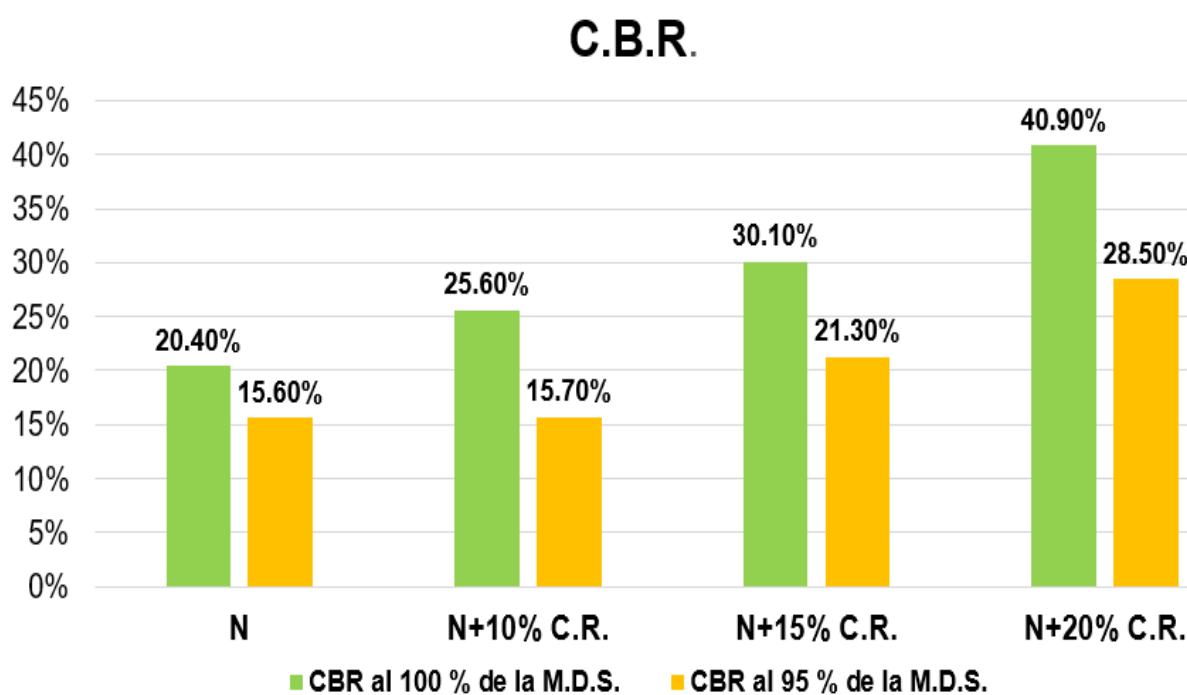


Figura 30: Comparación de los resultados del C.B.R. adicionando 10%, 15% y 20% de concreto reciclado

Fuente: Elaboración propia

Interpretación. – En la figura 30 se pueden apreciar los resultados obtenidos del ensayo C.B.R. adicionando el 10%, 15% y 20% de concreto reciclado a la muestra con una penetración de 0.1"; al adicionar 10% de concreto reciclado se obtuvo un CBR (95% M.D.S.) de 15.70% y un CBR (100% M.D.S.) de 25.60%, al adicionar 15% se obtuvo un CBR (95% M.D.S.) de 21.30% y un CBR (100% M.D.S.) de 30.10% y, por último, al adicionar 20% se obtuvo un CBR (95% M.D.S.) de 28.50% y un CBR (100% M.D.S.) de 40.90%. En síntesis, la dosificación recomendada es adicionar el 20% de concreto reciclado ya que se obtiene un CBR al 100% de la M.D.S. de 40.90% y un CBR al 95% de la M.D.S. de 28.50% en lugar de un 20.40% y 15.60% de la muestra inicial; con este resultado se obtiene una subrasante excelente de acuerdo al MTC porque el C.B.R. supera el 30%.

V. DISCUSIÓN

Objetivo 1:

Determinar la influencia de la adición de concreto reciclado en el índice de plasticidad de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021.

Antecedente:

Gavilanes, E. (2015), en su investigación titulada *“Estabilización y Mejoramiento de Sub-Rasante Mediante Cal Y Cemento Para Una Obra Vial en el Sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur”* de la Universidad Internacional del Ecuador – Ecuador, para obtener el título de Ingeniero Civil, tuvo como objetivo identificar las características mecánicas y físicas de la variación y estabilización del suelo en Santos Pamba agregando cemento y cal en porcentajes variados para conocer la condición de la subrasante de la vía. La metodología fue aplicada de tipo descriptivo, experimental y de corte transversal, la población fue el sector Santos Pamba y la muestra fue el barrio Colinas del Sur; los instrumentos empleados fueron ensayos de límites de Atterberg, proctor modificado, granulometría, CBR y contenido de humedad. El principal resultado fue que al adicionar una proporción recomendada de 4% de cemento, se logró disminuir la plasticidad de la muestra que inicialmente tuvo un límite líquido (LL) de 38%, un límite plástico (LP) de 26% y un índice de plasticidad (IP) de 12% y que luego presentó un límite líquido (LL) de 31%, un límite plástico (LP) de 27% y un índice de plasticidad (IP) de 4%, lo cual es conveniente porque al reducir la plasticidad del suelo, se evitan las deformaciones y se eleva la capacidad portante de la subrasante, por lo tanto, utilizar cemento para mejorar la subrasante fue provechoso.

Resultados:

Los resultados arrojados por el laboratorio de suelos WRC INGEO S.A.C. manifiestan que la muestra de suelo extraída se clasifica según SUCS como un suelo ML, es decir, un suelo limoso inorgánico de baja compresibilidad; y según AASHTO es un suelo que contiene partículas finas limosas o arcillosas.

La muestra estudiada, de la calicata 1, inicialmente presentó un límite líquido (LL) de 38%, un límite plástico (LP) de 25% y un índice de plasticidad (IP) de 13%, conforme se fueron adicionando las dosificaciones de concreto reciclado en

partículas de 4mm, con un 10% se obtuvo un límite líquido (LL) de 37%, un límite plástico (LP) de 26% y un índice de plasticidad (IP) de 11%, con un 15% se obtuvo un límite líquido (LL) de 35%, un límite plástico (LP) de 26% y un índice de plasticidad (IP) de 9%, por último, con un 20% se obtuvo un límite líquido (LL) de 34%, un límite plástico (LP) de 27% y un índice de plasticidad (IP) de 7%, siendo la mejor dosificación el 20% de concreto reciclado porque obtuvo el menor IP con un 7% más favorable porque la muestra pasó de tener plasticidad media a una baja plasticidad.

Comparación:

Acorde a los antecedentes, el concreto reciclado de obras de construcción disminuye el índice de plasticidad de la subrasante, lo cual se justifica con los resultados de laboratorio obtenidos del ensayo Límites de Atterberg ASTM D 4318 MTC E 110 MTC E 111 en la presente investigación, ya que al adicionar concreto reciclado a la muestra se reduce la plasticidad del suelo, obteniendo resultados semejantes al antecedente presentado.

Objetivo 2:

Establecer la influencia de la adición de concreto reciclado en la máxima densidad seca de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021.

Antecedente:

Mamani R. (2019), en su investigación titulada *“Mejoramiento de las propiedades mecánicas de suelos con adición de residuos de la construcción y demoliciones para la construcción de la base de pavimentos de la ciudad de Juliaca”* de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez – Perú, para obtener el título de Ingeniero Civil, tuvo como objetivo enriquecer las características mecánicas de la cantera Los monos agregando restos de ladrillo y concreto. La metodología fue aplicada de tipo descriptivo, experimental y de corte transversal, la población fueron las canteras de suelos para la construcción de pavimentos de Juliaca y la muestra fueron las canteras “Los Monos”; los instrumentos fueron ensayos de granulometría, límites de consistencia, caracterización y compactación del suelo, y CBR. El principal resultado fue que al adicionar restos de concreto en una proporción recomendada de 10% respecto al peso del suelo, se logró aumentar la máxima densidad seca de una M.D.S.=1.652 gr/cm³ a una M.D.S.= 2.06 gr/cm³, lo

cual es conveniente porque al elevar la densidad, ya no se infiltra el agua y ya no se deforma el suelo.

Resultados:

Los resultados arrojados por el laboratorio de suelos WRC INGEO S.A.C. manifiestan que la muestra de suelo extraída se clasifica según SUCS como un suelo ML, es decir, un suelo limoso inorgánico de baja compresibilidad; y según AASHTO es un suelo que contiene partículas finas limosas o arcillosas.

La máxima densidad seca de la muestra estudiada proveniente de la calicata 1 inicialmente fue de 1.796 gr/cm³ y conforme se fueron adicionando las dosificaciones de concreto reciclado en partículas de 4mm, con un 10% se obtuvo un 1.801 gr/cm³, con un 15% se obtuvo un 1.920 gr/cm³ y, por último, con un 20% se obtuvo un 2.127 gr/cm³, y de forma inversamente proporcional disminuyó el óptimo contenido de humedad, siendo la mejor dosificación el 20% de concreto reciclado porque obtuvo la mayor M.D.S de 2.127 gr/cm³.

Comparación:

Acorde a los antecedentes, el concreto reciclado de obras de construcción aumenta la densidad de la subrasante, lo cual se justifica con los resultados de laboratorio del ensayo Proctor Modificado ASTM D 1557 MTC E 115 obtenidos en la presente investigación, ya que al adicionar concreto reciclado a la muestra se aumenta la máxima densidad seca del suelo, obteniendo resultados semejantes al antecedente presentado.

Objetivo 3:

Precisar la influencia de la adición de concreto reciclado en la capacidad portante de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021.

Antecedente:

Fernández N. (2018), en su investigación titulada *“Mejoramiento de la estabilización de subrasante con material de demoliciones en avenida malecón checa, San Juan de Lurigancho en el 2017”* de la Universidad César Vallejo – Perú, para obtener el título de Ingeniero Civil, tuvo como objetivo conocer la estabilización de la subrasante por medio de materiales provenientes de demoliciones en Av. malecón Checa, SJL. La metodología fue aplicada de tipo descriptivo y no experimental, la

población fue 1 km en la avenida Malecón Checa y la muestra fue el sector de Campoy; los instrumentos empleados fueron ensayos de granulometría por tamizado, proctor modificado, límites de consistencia y CBR. El principal resultado fue que al adicionar restos de concreto en una proporción recomendada de 20% respecto al peso del suelo, se logró incrementar el CBR (95% M.D.S.) de 48% a un CBR (95% M.D.S.) de 78.3%, por lo tanto, sí se pudo mejorar la subrasante adicionando residuos de construcción porque se obtuvieron buenos resultados.

Resultados:

Los resultados arrojados por el laboratorio de suelos WRC INGEO S.A.C. manifiestan que la muestra de suelo extraída se clasifica según SUCS como un suelo ML, es decir, un suelo limoso inorgánico de baja compresibilidad; y según AASHTO es un suelo que contiene partículas finas limosas o arcillosas.

El CBR de la muestra estudiada inicialmente fue de CBR (95% M.D.S.) de 15.60% y un CBR (100% M.D.S.) de 20.40% y conforme se fueron adicionando las dosificaciones de concreto reciclado en partículas de 4mm, con un 10% se obtuvo un CBR (95% M.D.S.) de 15.70% y un CBR (100% M.D.S.) de 25.60%, al adicionar 15% se obtuvo un CBR (95% M.D.S.) de 21.30% y un CBR (100% M.D.S.) de 30.10% y, por último, al adicionar 20% se obtuvo un CBR (95% M.D.S.) de 28.50% y un CBR (100% M.D.S.) de 40.90%, siendo la mejor dosificación el 20% de concreto reciclado porque obtuvo el mayor CBR pasando de ser una subrasante muy buena a una subrasante excelente, ya que el CBR es mayor a 30%

Comparación:

Acorde a los antecedentes, el concreto reciclado de obras de construcción incrementa la capacidad portante de la subrasante, lo cual se justifica con los resultados de laboratorio del ensayo California Bearing Ratio (C.B.R.) ASTM D 1883 MTC E 132 obtenidos en la presente investigación, ya que al adicionar concreto reciclado a la muestra se eleva el CBR del suelo, obteniendo resultados semejantes al antecedente presentado.

VI. CONCLUSIONES

Objetivo general. - Se analizó que la estabilización de la subrasante con concreto reciclado influye positivamente en las propiedades del terreno localizado en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, contemplando su evaluación en sus principales características físico-mecánicas: 1) al disminuir el índice de plasticidad de la subrasante; 2) al aumentar la máxima densidad seca de la subrasante y 3) al incrementar la capacidad portante de la subrasante en la avenida Pacasmayo.

Objetivo Específico 1.- Se demostró la relación de las dosificaciones de concreto reciclado con los ensayos de Límites de Atterberg, debido a que contribuye en la disminución de 6% del Índice de Plasticidad de la subrasante pasando de 13% en su estado inicial a 7% por medio de la adición del 20% de concreto reciclado. Por consiguiente, el mejoramiento de la subrasante se relaciona directamente con las dosificaciones de concreto indicadas referente a los ensayos de Límites de Atterberg, por lo que queda constatado.

Objetivo Específico 2.- Se demostró la relación de las dosificaciones de concreto reciclado con los ensayos de Proctor Modificado, debido a que contribuye en el aumento de 0.331 gr/cm³ de la Máxima Densidad Seca de la subrasante pasando de 1.796 gr/cm³ en su estado inicial a 2.127 gr/cm³ por medio de la adición del 20% de concreto reciclado. Por consiguiente, el mejoramiento de la subrasante se relaciona directamente con las dosificaciones de concreto indicadas referente a los ensayos de Proctor Modificado, por lo que queda constatado.

Objetivo Específico 3.- Se demostró la relación de las dosificaciones de concreto reciclado con los ensayos de CBR, debido a que contribuye en el incremento de la Capacidad Portante de 20.5% (100% M.D.S.) y 12.90% (95% M.D.S.) de la subrasante pasando de 20.40% (100% M.D.S.) y 15.60% (95% M.D.S.) en su estado inicial a 40.90% (100% M.D.S.) y 28.50% (95% M.D.S.) por medio de la adición del 20% de concreto reciclado. Por consiguiente, el mejoramiento de la subrasante se relaciona directamente con las dosificaciones de concreto indicadas referente a los ensayos de CBR, por lo que queda constatado.

VII. RECOMENDACIONES

Objetivo Específico 1

En el presente estudio al adicionar dosificaciones de concreto reciclado que estaban comprendidos en un rango de 10% a 20% se logró disminuir el Índice de Plasticidad en todos los ensayos; por lo tanto, para proseguir con la investigación se sugiere emplear porcentajes mayores al 20% de concreto reciclado hasta alcanzar el punto máximo en la curva de plasticidad y obtener la dosificación ideal para utilizar este material en la subrasante.

Objetivo Específico 2

En el presente estudio al adicionar dosificaciones de concreto reciclado que estaban comprendidos en un rango de 10% a 20% se logró aumentar la Máxima Densidad Seca en todos los ensayos; por lo tanto, para proseguir con la investigación se sugiere emplear porcentajes mayores al 20% de concreto reciclado hasta alcanzar el punto máximo en la curva de la densidad seca y obtener la dosificación ideal para utilizar este material en la subrasante.

Objetivo Específico 3

En el presente estudio al adicionar dosificaciones de concreto reciclado que estaban comprendidos en un rango de 10% a 20% se logró incrementar la Capacidad Portante en todos los ensayos; por lo tanto, para proseguir con la investigación se sugiere emplear porcentajes mayores al 20% de concreto reciclado hasta alcanzar el punto máximo en la curva del C.B.R. y obtener la dosificación ideal para utilizar este material en la subrasante.

REFERENCIAS

1. MUHAMMAD, A. *Predicting Deterioration for the Saudi Arabia Urban Road Network*. [en línea]. Tesis de titulación. University of Nottingham, 2010. [Consultado 06 junio 2021]. Disponible en: <http://eprints.nottingham.ac.uk/11171/>
2. FERNÁNDEZ, N. *Mejoramiento de la estabilización de subrasante con material de demoliciones en avenida malecón checa, San Juan de Lurigancho en el 2017*. [en línea]. Tesis de titulación. Universidad César Vallejo, 2018. [Consultado 13 junio 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/27076>
3. MANOTOA, A. *Funciones de base, subbase, subrasante y material de mejoramiento*. [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Técnica Particular de Loja, 2018. 2 p. [Consultado 13 junio 2021]. Disponible en: <https://www.studocu.com/es/document/universidad-tecnica-particular-de-loja/suelos-y-rocas/apuntes/funciones-de-base-subbase-subrasante-y-material-de-mejoramiento/4880533/view>
4. PARRA, M. *Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante*. [en línea]. Tesis de maestría. Universidad Católica de Colombia, 2018. [Consultado 13 junio 2021]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/22856>
5. MORENO, E. *Estabilización de Suelos Arcillosos con Residuos de la construcción y demolición*. [en línea]. Tesis doctoral. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2018. [Consultado 13 junio 2021]. Disponible en: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/2319/Estabilizaci%c3%b3n%20de%20suelos%20arcillosos%20con%20residuos%20de%20la%20construcci%c3%b3n%20y%20demolici%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
6. GAVILANES, E. *Estabilización y Mejoramiento de Sub-Rasante Mediante Cal Y Cemento Para Una Obra Vial en el Sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur*. [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Internacional del Ecuador, 2015. [Consultado 13 junio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2191>
7. FERNÁNDEZ, N. *Mejoramiento de la estabilización de subrasante con material de demoliciones en avenida malecón checa, San Juan de Lurigancho en el*

2017. [en línea]. Tesis de titulación. Universidad César Vallejo, 2018. [Consultado 13 junio 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/27076>
8. MAMANI, R. *Mejoramiento de las propiedades mecánicas de suelos con adición de residuos de la construcción y demoliciones para la construcción de la base de pavimentos de la ciudad de Juliaca*. [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Andina Néstor Cáceres, 2019. [Consultado 13 junio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/4429>
 9. DELGADO, J. y LEÓN, A. *Mejoramiento De La Subrasante Mediante La Mezcla De Grava-Arcilla Para Optimizar Su Capacidad Portante En La Calle Los Nogales, Piura-2019* [en línea]. Tesis de titulación. Universidad César Vallejo, 2019. [Consultado 13 junio 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/41352>
 10. SANJAY, D. *Stabilization of very weak subgrade soil with cementitious stabilizers*. [en línea]. Tesis de maestría. Louisiana State University, 2012. [Consultado 13 junio 2021]. Disponible en: https://digitalcommons.lsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1066&context=grad_school_theses
 11. SAVAKOL, M. *Evaluation of low-quality recycled concrete pavement aggregates for subgrade soil stabilization*. [en línea]. Tesis de titulación. Louisiana State University, 2019. [Consultado 13 junio 2021]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/188610518.pdf>
 12. DARDIS, J. *Recycling Concrete for Sustainable Construction*. [en línea]. Tesis de titulación. Cleveland State University, 2012. [Consultado 13 junio 2021]. Disponible en: <https://engagedscholarship.csuohio.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1370&context=etdarchive>
 13. MEJÍA, E, OSORNO, L y OSORIO, N. Residuos de la construcción: una opción para la recuperación de suelos. *Revista EIA* [en línea]. 2015, Vol. 12, (2) [fecha de consulta 13 junio 2021]. ISSN: 1794-1237. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1492/149240052005.pdf>
 14. GÓMEZ, L, GUILLIN, W. y GALLARDO, R. Variación de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos compresibles estabilizados con material

- cementante. *Revista Tecnura* [en línea]. 2016, Vol. 20 [fecha de consulta 13 junio 2021]. ISSN 0123921X. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/issue/view/805>
15. PACHECO, C. y otros. Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de barranquilla desde su modelo de gestión. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo* [en línea]. 2017, Vol. 35, (2) [fecha de consulta 13 junio 2021]. ISSN 2145-9371. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85252030015>
 16. SORSA, A, SENADHEERA, A y BIRRU, J. *Engineering Characterization of Subgrade Soils of Jimma Town, Ethiopia, for Roadway Design*. [en línea]. Tesis de titulación. Texas Tech University, 2020. [Consultado 13 junio 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/geosciences10030094>
 17. USMAN, N. y KAMAL, M. Appraisal of Bearing Capacity and Modulus of Subgrade Reaction of Refilled Soils. *Civil Engineering Journal* [en línea]. 2020, Vol. 6. (11) [fecha de consulta 13 junio 2021]. Disponible en: <https://civilejournal.org/index.php/cej/article/view/2458>
 18. NIE, R y otros. *Characterization of permanent deformation of fine-grained subgrade soil under intermittent loading*. [en línea]. 2020.[fecha de consulta: 13 junio 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2020.106395>
 19. MANOTOA, A. *Funciones de base, subbase, subrasante y material de mejoramiento*. [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Técnica Particular de Loja, 2018. [Consultado 13 junio 2021]. Disponible en: <https://www.studocu.com/es/document/universidad-tecnica-particular-de-loja/suelos-y-rocas/apuntes/funciones-de-base-subbase-subrasante-y-material-de-mejoramiento/4880533/view>
 20. ELIZONDO, F., NAVAS, A y SIBAJA, D., C. 2011. Efecto de la cal en la estabilización de subrasantes. *Ingeniería*. Costa Rica: Portal de Revistas UCR n.1, pp. 93-108. ISSN 1409-2441
 21. HERNÁNDEZ, J, MEJÍA, D y ZELAYA, C. *Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos*. [en línea]. Tesis de titulación. Universidad de El Salvador, 2016. 32 p. [Consultado 13 junio 2021]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14342/1/50108285.pdf>

22. LIU, C. and others. Influence of Gradation on Resilient Modulus of High Plasticity Soil-Gravel Mixture. *Hindawi* [en línea]. 2020, mayo, [fecha de consulta 13 junio 2021]. Doi: 8887628. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2020/8887628>
23. ZAINORABIDIN, A. and HASTARI, D. *Effect of moisture content of cohesive subgrade soil* [en línea]. 2018. EDP Sciences: MATEC [fecha de consulta 06 junio 2021]. Disponible en: https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2018/54/mateconf_icrmce2018_03010/mateconf_icrmce2018_03010.html
24. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos* [en línea]. 2013. Perú: Viceministerio de transportes. 37 p. [fecha de consulta 13 junio 2021]. Disponible en: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf
25. FERNÁNDEZ, N. *Mejoramiento de la estabilización de subrasante con material de demoliciones en avenida malecón checa, San Juan de Lurigancho en el 2017*. [en línea]. Tesis de titulación. Universidad César Vallejo, 2018. 26 p. [Consultado 13 junio 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/27076>
26. SIVAKUMAR, N. Effect of fly ash layer addition on the bearing capacity of expansive soil. *Emerging Materials Research* [en línea]. 2020, Vol. **9** (4). 1-15 [fecha de consulta 13 junio 2021]. ISSN 2046-0155. Disponible en: <https://doi.org/10.1680/jemmr.20.00034>
27. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos* [en línea]. 2013. Perú: Viceministerio de transportes. 39 p. [fecha de consulta 13 junio 2021]. Disponible en: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf
28. CÁRDENAS, C. y DONOSO A. *Proposición de una metodología particular para obtener la capacidad de soporte para suelos granulares sin curva proctor definida*. [en línea]. Tesis de titulación. Universidad De Magallanes, 2008. 4 p. [Consultado 13 junio 2021]. Disponible en: http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/cardenas_piucol_2008.pdf

29. ZHAO, X. and others. *Study on Bearing Capacity Performance and Influence Factors of Phyllite Soil Blended with Red Clay* [en línea]. 2020. Journal of Physics: Conference Series [fecha de consulta 13 junio 2021]. doi: 10.1088/1742-6596/1637/1/012033. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1637/1/012033/pdf>
30. GARCÍA, A, MEJÍA, D y ZELAYA, C. *Determinación de la resistencia de la subrasante incorporando cal estructural en el suelo limo arcilloso del sector 14 Mollepampa de Cajamarca, 2015*. [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Privada del Norte, 2015. [Consultado 13 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/7327/Garc%c3%ada%20Gonzales%20Anabel%c3%a9n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
31. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos* [en línea]. 2014. Perú: Viceministerio de transportes. 40 p. [fecha de consulta 13 junio 2021]. Disponible en: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf
32. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de ensayo de materiales* [en línea]. 2013. Perú: Viceministerio de transportes. 248 p. [fecha de consulta 15 junio 2021]. Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf
33. Aula carreteras. *Ensayos de Compactación – Proctor Normal y Proctor modificado*. Párr. 3 [en línea] 2021 [fecha de consulta: 13 junio 2021]. Disponible en: <https://www.aulacarreteras.com/ensayo-proctor/>
34. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de ensayo de materiales* [en línea]. 2021. Perú: Viceministerio de transportes. 72 p. [fecha de consulta 15 junio 2021]. Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf
35. ACOSTA, D. and others. Influence of Partial Coarse Fraction Substitution of Natural Aggregate by Recycled Concrete Aggregate in Hot Asphalt Mixtures. *Sustainability* [en línea]. 2019, Vol. **12**. 1-17 [fecha de consulta 13 junio 2021]. DOI 10.3390/su12010250. Disponible en:

<https://search.proquest.com/openview/037fbbd283771f430d5a1a728c7365f2/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2032327>

36. Argos. *Agregados reciclados: ¿Qué y para qué?* Párr. 1 y 3 [en línea] 2021 [fecha de consulta: 13 junio 2021]. Disponible en: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/agregados-reciclados-que-y-para-que>
37. Argos. *Agregados reciclados: ¿Qué y para qué?* Párr. 4, 5, 6 y 7 [en línea] 2021 [fecha de consulta: 13 junio 2021]. Disponible en: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/agregados-reciclados-que-y-para-que>
38. BAENA, G. *Metodología de la investigación*. [en línea]. México: Grupo Editorial Patria, 2014. 11 p. [fecha de consulta 13 junio 2021]. ISBN: 978-607-744-003-1. Disponible en: <https://editorialpatria.com.mx/mobile/pdf/files/9786074384093.pdf>
39. HERNÁNDEZ, R, FERNÁNDEZ, C, BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación*. [en línea]. 6ta ed. México: Interamericana Editores, S.A, 2014. 151 p. [fecha de consulta 13 junio 2021]. ISBN:978-1-4562-2396-0. Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wpcontent/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
40. Argos. *Metodología de la Agregados reciclados: ¿Qué y para qué?* Párr. 1 y 3 [en línea] 2021 [fecha de consulta: 13 junio 2021]. Disponible en: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/agregados-reciclados-que-y-para-que>
41. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos* [en línea]. 2014. Perú: Viceministerio de transportes. 23 p. [fecha de consulta 13 junio 2021]. Disponible en: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf
42. LÓPEZ, P y FACHELLI, S. *Metodología de la investigación social cuantitativa*. [en línea]. España: Universitat Autònoma de Barcelona, 2015. 7 p. [fecha de consulta 13 junio 2021]. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2017/185163/metinvsoccua_cap2-4a2017.pdf
43. BASAVARAJIAH, D y BHAMIDIPATI, N. *Statistical Implications and Its Practical Approach to Research Methodology* [en línea] 2020 [fecha de

- consulta: 13 junio 2021]. Disponible en:
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-8210-3_7
44. LÓPEZ, P y FACHELLI, S. *Metodología de la investigación social cuantitativa*. [en línea]. España: Universitat Autònoma de Barcelona, 2015. 6 p. [fecha de consulta 13 junio 2021]. Disponible en:
https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2017/185163/metinvsoccua_cap2-4a2017.pdf
45. LÓPEZ, P y FACHELLI, S. *Metodología de la investigación social cuantitativa*. [en línea]. España: Universitat Autònoma de Barcelona, 2015. 43 p. [fecha de consulta 13 junio 2021]. Disponible en:
https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2017/185163/metinvsoccua_cap2-4a2017.pdf
46. SAJJAD, S. *Basic Guidelines for Research: An Introductory Approach for All Disciplines* [en línea]. 2016. Australia: Curtin University [fecha de consulta 01 julio 2021]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/325846997_METHODS_OF_DATA_COLLECTION
47. MENSAH, C. *Qualitative data Collection Instruments: The most challenging and easiest to us*. [en línea]. 2020. Ghana: University of Cape Coast [fecha de consulta 01 julio 2021]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/344251614_QUALITATIVE_DATA_COLLECTION_INSTRUMENTS_THE MOST CHALLENGING AND EASIES T TO USE
48. BioEthics Education Project. *Being Reliable, Accurate & Valid*. Párr. 1 [en línea]. 2019. [fecha de consulta 01 julio 2021]. Disponible en:
<https://www.beep.ac.uk/content/573.0.html>
49. Fiona Middleton. *Reliability vs validity: what's the difference?* [en línea]. 2019. [fecha de consulta 01 julio 2021]. Disponible en:
<https://www.scribbr.com/methodology/reliability-vs-validity/#:~:text=Reliability%20and%20validity%20are%20concepts,the%20accuracy%20of%20a%20measure.>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN					
Título	Adición de concreto reciclado para el mejoramiento de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021				
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO
CONCRETO REICLADO (Variable Independiente)	El concreto reciclado es el material extraído de las demoliciones de elementos estructurales de concreto. (Fernández, 2018, p.50)	Para poder analizar la influencia de la adición de concreto reciclado en el mejoramiento de las propiedades de la subrasante, se adicionarán diferentes cantidades de concreto reciclado, los cuales ingresarán al 10%, 15% y 20% respecto al peso de la muestra. para luego realizar ensayos de laboratorio.	Estabilización con concreto reciclado por Kg.	Adición del concreto reciclado al 10%	Balanza calibrada del laboratorio
				Adición del concreto reciclado al 15%	Balanza calibrada del laboratorio
				Adición del concreto reciclado al 20%	Balanza calibrada del laboratorio
				Módulo de fineza	Tamiz
SUBRASANTE (Variable Dependiente)	La Subrasante es el terreno natural en el cual se apoya toda la estructura del pavimento, es decir que no forma parte de la estructura en sí. Su función es resistir las cargas que el tránsito transmite al pavimento. (Manotoa, 2018, p.2)	Para el mejoramiento de la subrasante se adicionarán tres dosificaciones de concreto para analizar su influencia en la capacidad portante, máxima densidad seca y el índice de plasticidad.	Índice de plasticidad	Límite líquido	Ensayo de Límites de Atterberg (ASTM D 4318)
				Límite plástico	
			Relación humedad-densidad	Proctor modificado	Ensayo de Proctor modificado (ASTM D 1557)
			Capacidad portante del suelo	CBR	Ensayo de CBR (ASTM D 1883)

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2: Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
Título:		Adición de concreto reciclado para el mejoramiento de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021				
Autor:		TORRES ATALAYA		MARILYN VIVIANA		
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E INSTRUMENTO			TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN METODOLOGÍA
<u>PROBLEMA GENERAL</u>	<u>OBJETIVO GENERAL</u>	<u>HIPÓTESIS GENERAL</u>	<u>V. INDEPENDIENTE: CONCRETO RECICLADO</u>			Método: (Científico) Tipo: (Aplicada) Nivel: (Explicativo) Diseño: (Cuasi-experimental) Enfoque: (Cuantitativo) Población: Todas las calicatas de 1.5 m de profundidad, que resulten de la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles. Muestra: 3 calicatas de 1.5 m de profundidad en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles. Muestreo: No probabilístico Técnica: Pruebas de laboratorio realizadas a las calicatas. Instrumentos: Estudio de suelos de acuerdo a las dosificaciones (N, 10%, 15% y 20%).
¿De qué manera influye la adición de concreto reciclado en el mejoramiento de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021?	Analizar la influencia de la adición de concreto reciclado en el mejoramiento de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021.	La adición de concreto reciclado mejora la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021.	D1: Estabilización con concreto reciclado por Kg.	I1: Adición del concreto reciclado al 10%	Balanza calibrada del laboratorio	
				I2: Adición del concreto reciclado al 15%	Balanza calibrada del laboratorio	
				I3. Adición del concreto reciclado al 20%	Balanza calibrada del laboratorio	
				I4. Módulo de fineza	Tamiz	
<u>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</u>	<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	<u>HIPÓTESIS ESPECÍFIAS</u>	<u>V. DEPENDIENTE: SUBRASANTE</u>			
¿De qué manera influye la adición de concreto reciclado en el índice de plasticidad de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021?	Determinar la influencia de la adición de concreto reciclado en el índice de plasticidad de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021.	La adición de concreto reciclado disminuirá el índice de plasticidad de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021.	D2: Índice de plasticidad	I4: Límite líquido	Ensayo de Límites de Atterberg (ASTM D 4318)	
				I5: Límite plástico		
¿Cuánto influye la adición de concreto reciclado en la máxima densidad seca de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021?	Establecer la influencia de la adición de concreto reciclado en la máxima densidad seca de la subrasante en la avenida Pacasmayo urbanización Los Laureles, Callao 2021.	La adición de concreto reciclado aumentará la máxima densidad seca de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021.	D3: Relación humedad-densidad	I6: Proctor modificado	Ensayo de Proctor modificado (ASTM D 1557)	
¿Cuánto influye la adición de concreto reciclado en la capacidad portante de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021?	Precisar la influencia de la adición de concreto reciclado en la capacidad portante de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021.	La adición de concreto reciclado incrementará la capacidad portante de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021.	D4: Capacidad portante del suelo	I7: CBR	Ensayo de CBR (ASTM D 1883)	

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3: Instrumento de recolección de datos

Descripción	Técnicas	Instrumentos
Adición del concreto reciclado al 10%	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Adición del concreto reciclado al 15%	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Adición del concreto reciclado al 20%	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Módulo de fineza	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Límite líquido	Observación directa	Ficha de resultados de laboratorio
Límite plástico	Observación directa	Ficha de resultados de laboratorio
Proctor modificado	Observación experimental	Ficha de resultados de laboratorio
CBR	Observación experimental	Ficha de resultados de laboratorio

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Juicio de expertos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Dosificación de Concreto Reciclado

Adición de concreto reciclado para el mejoramiento de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021

Parte A: Datos generales

Tesista: Torres Atalaya, Marilyn Viviana

Fecha: Lima, 29 de junio del 2021

Parte B: Dosificación de Concreto Reciclado

10%	
15%	
20%	

Tesis: Fernández, N. (2018) Dosificación de Concreto Reciclado: 10%, 20%, 30%

Tesis: Mamani, R. (2019) Dosificación de Concreto Reciclado: 5%, 10%

Observaciones: _____

Apellidos y Nombre(s) del juez evaluador: Ventura Fernández, Ehlers Zhamild

Especialista: Metodólogo [] Temático [X]

Grado: Ingeniero [X] Maestro [] Doctor []

Título Profesional: Ingeniero Civil

N° de Registro CIP: 257585


Ehlers Zhamild Ventura Fernández
ING. CIVIL

Firma y Sello

Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Dosificación de Concreto Reciclado

"Adición de concreto reciclado para el mejoramiento de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021"

Parte A: Datos generales

Tesista: Torres Atalaya, Marilyn Viviana

Fecha: Lima, 29 de junio del 2021

Parte B: Dosificación de Concreto Reciclado

10%	
15%	
20%	

Tesis: Fernández, N. (2018) Dosificación de Concreto Reciclado: 10%, 20%, 30%

Tesis: Mamani, R. (2019) Dosificación de Concreto Reciclado: 5%, 10%

Observaciones: _____

Apellidos y Nombre(s) del juez evaluador: Condori Torres, Álvaro Simón

Especialista: Metodólogo [] Temático [X]

Grado: Ingeniero [X] Maestro [] Doctor []

Título Profesional: Ingeniero Civil

N° de Registro CIP: 186037


 ALVARO SIMÓN CONDORI TORRES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 186037

Firma y Sello

Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Dosificación de Concreto Reciclado

"Adición de concreto reciclado para el mejoramiento de la subrasante en la avenida
Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021"

Parte A: Datos generales

Tesista: Torres Atalaya, Marilyn Viviana

Fecha: Lima, 08 de julio del 2021

Parte B: Dosificación de Concreto Reciclado

10%	
15%	
20%	

Tesis: Fernández, N. (2018) Dosificación de Concreto Reciclado: 10%, 20%, 30%

Tesis: Mamani, R. (2019) Dosificación de Concreto Reciclado: 5%, 10%

Observaciones: _____

Apellidos y Nombre(s) del juez evaluador: Gómez Guerrero Florentino

Especialista: Metodólogo [] Temático [X]

Grado: Ingeniero [X] Maestro [] Doctor []

Título Profesional: Ingeniero Civil

N° de Registro CIP: 60001


FLORENTINO GÓMEZ GUERRERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 60001

Firma y Sello

Fuente: Elaboración propia



WRC INGENIO S.A.C.
INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TESISTA	: TORRES ATALAYA MARILYN VIVIANA
TITULO	: ADICIÓN DE CONCRETO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA PACASMAYO, URBANIZACIÓN LOS LAURELES, CALLAO 2021
UBICACIÓN	: Urb. LOS LAURELES - CALLAO
FECHA	: ABRIL DEL 2021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D 422

MUESTRA : TERRENO NATURAL

CALICATA : C-1

wo =		3408.0 g								w1 =		2879.0 g	
Mallas A.S.T.M	GRANO > No. 4								% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa			
	PESO TOTAL DE LA MUESTRA				% Retenido	% Parcial Retenido							
	GRM												
	Luz Tamiz En m.m	Retenido en g	% Parcial Retenido										
				0.0	0.0	100.00							
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00							
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00							
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00							
1 1/2"	38.100	250.0	7.3	7.3	92.66								
1"	25.400	132.0	3.9	11.2	88.79								
3/4"	19.000	55.0	1.6	12.8	87.18								
3/8"	9.600	31.0	0.9	13.7	86.27								
No. 4	4.760	61.0	1.8	15.5	84.48								

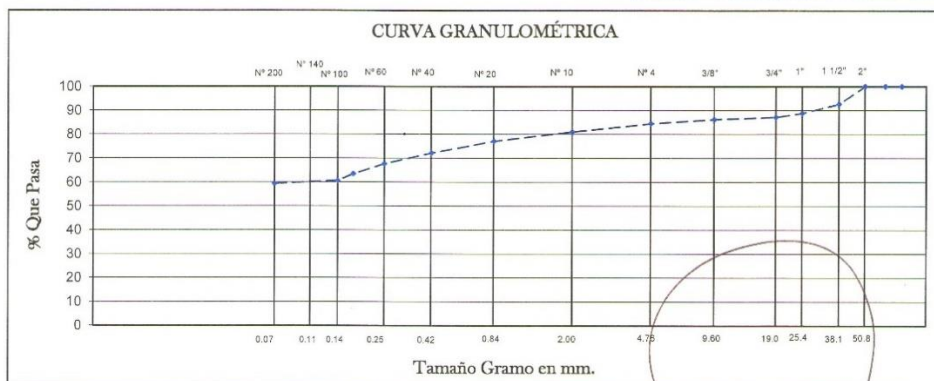
Mallas A.S.T.M	3674				% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa
	PESO TOTAL DE LA MUESTRA					
	Luz Tamiz En m.m	GRM	% Retenido	% Parcial Retenido		
	No. 4	4.76				
10	2.000	121.0	3.6	19.1	80.93	
20	0.840	130.0	3.8	22.9	77.11	
40	0.420	170.0	5.0	27.9	72.12	
60	0.250	155.0	4.5	32.4	67.58	
100	0.177	142.0	4.2	36.6	63.41	
140	0.149	95.0	2.8	39.4	60.62	
200	0.074	42.0	1.2	40.6	59.39	
F		2024.0	58.4	100.0	0.00	

wo = Peso total de la muestra

w1= Peso de la Fraccion Pasante del No. 4

w2 = Peso Total de la Muestra Pasante del No. 4

% DE HUMEDAD ASTM D2216	1.30
% DE GRAVA	15.52
% DE ARENA	25.09
% DE FINOS	59.39



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318				LL 38	LP 25	IP 13
Clasif.	SUCS	ML	AASHTO	A-6		IG(6)

HECHO POR : Tec. Jimi Cerquera



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 L1. N° 3 - Urb. Los Jaguayes de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720
BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720
JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720
E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio WRC INGEO S.A.C.



WRC INGENIO S.A.C.
INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TESISTA : TORRES ATALAYA MARILYN VIVIANA
TITULO : ADICIÓN DE CONCRETO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA
PACASMAYO, URBANIZACIÓN LOS LAURELES, CALLAO 2021
UBICACIÓN : Urb. LOS LAURELES - CALLAO
FECHA : ABRIL DEL 2021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D 422

MUESTRA : 20% - CONCRETO RECICLADO

wo =		1579.6 g								w1 =		1090.5 g		
Mallas A.S.T.M	GRANO > No. 4										GRANO < No. 4			
	PESO TOTAL DE LA MUESTRA					% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa							
	GRM													
	Luz Tamiz En m.m	Retenido en g	% Parcial Retenido											
				0.0	0.0	100.00								
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00								
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00								
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00								
1 1/2"	38.100	210.1	13.3	13.3	86.70									
1"	25.400	166.8	10.6	23.9	76.14									
3/4"	19.000	79.8	5.1	28.9	71.09									
3/8"	9.600	21.3	1.3	30.3	69.74									
No. 4	4.760	11.1	0.7	31.0	69.04									

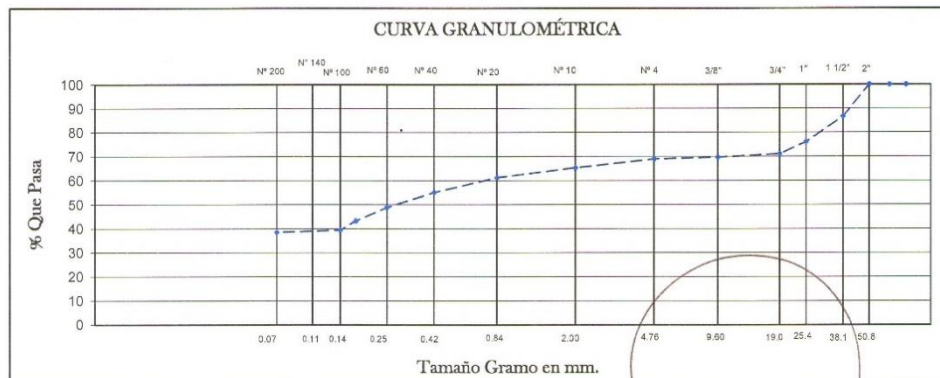
Mallas A.S.T.M	GRANO < No. 4										% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa
	PESO TOTAL DE LA MUESTRA											
	GRM											
	Luz Tamiz En m.m	Retenido en g	% Parcial Retenido									
No. 4	4.76											
10	2.000	58.4	3.7	34.7	65.34							
20	0.840	63.2	4.0	38.7	61.34							
40	0.420	96.4	6.1	44.8	55.24							
60	0.250	99.7	6.3	51.1	48.92							
100	0.177	88.4	5.6	56.7	43.33							
140	0.149	59.6	3.8	60.4	39.56							
200	0.074	15.0	0.9	61.4	38.61							
F		609.8	38.6	100.0	0.00							

w₀ = Peso total de la muestra

w₁ = Peso de la Fracción Pasante del No. 4

w₂ = Peso Total de la Muestra Pasante del No. 4

% DE HUMEDAD ASTM D2216	1.30
% DE GRAVA	30.96
% DE ARENA	30.43
% DE FINOS	38.61



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318				LL 34	LP 27	IP 7
Clasif.	SUCS	GM	AASHTO	A-4		IG(1)

HECHO POR : Tec. Jimi Cerquera



WRC INGENIO S.A.C.

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL C-166428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720
BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720
JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720
E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio WRC INGENIO S.A.C.



WRC INGENIO S.A.C.®
INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

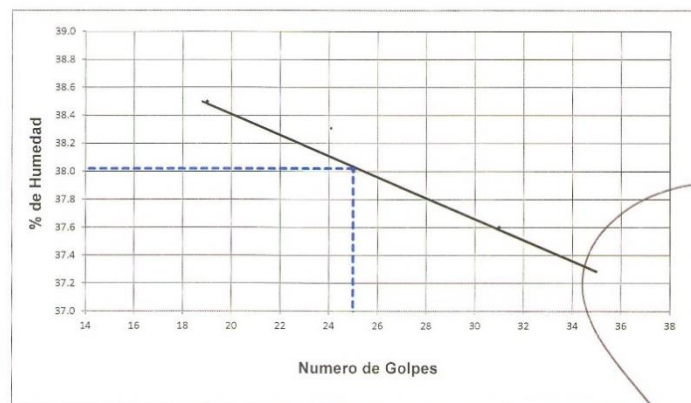
WWW.WRCINGEOSAC.COM

TESISTA : TORRES ATALAYA MARILYN VIVIANA
TITULO : ADICIÓN DE CONCRETO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA
PACASMAYO, URBANIZACIÓN LOS LAURELES, CALLAO 2021
UBICACIÓN : Urb. LOS LAURELES - CALLAO
FECHA : ABRIL DEL 2021

CALCULO DE LIMITE CON TRES PUNTOS ASTM D 4318

MUESTRA : TERRENO NATURAL CALICATA : C-1

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
Numero de Golpes	19	25	31		
Numero de Tarro	3	15	4	4	5
Peso humedo + Tarro (g)	139.70	79.00	71.00	11.50	11.90
Peso seco + Tarro (g)	130.92	71.70	62.88	10.86	11.26
Peso de Tarro (g)	108.10	52.50	41.30	8.30	8.70
Peso de agua (g)	8.78	7.30	8.12	0.64	0.64
Peso de suelo seco (g)	22.82	19.20	21.58	2.56	2.56
% de Humedad	38.5	38.0	37.6	25.2	24.8
	LL = 38		LP = 25	IP = 13	



Realizado por : Tec. Jimi Cerquera
Revisado por : Ing. Jorge Zapata



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL N° 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720
BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolivar N° 632 • Cel.: 985 034 720
JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720
E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio WRC INGENIO S.A.C.

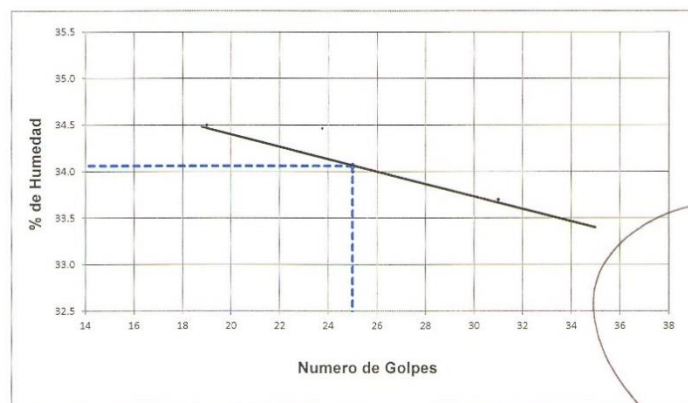


TESISTA : TORRES ATALAYA MARILYN VIVIANA
TITULO : ADICIÓN DE CONCRETO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA
PACASMAYO, URBANIZACIÓN LOS LAURELES, CALLAO 2021
UBICACIÓN : Urb. LOS LAURELES - CALLAO
FECHA : ABRIL DEL 2021

CALCULO DE LIMITE CON TRES PUNTOS ASTM D 4318

MUESTRA : 20% - CONCRETO RECICLADO

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	19	25	31		
Numero de Golpes	3	15	4	4	5
Numero de Tarro					
Peso humedo + Tarro (g)	139.10	78.82	70.69	11.57	11.96
Peso seco + Tarro (g)	131.15	72.14	63.28	10.88	11.29
Peso de Tarro (g)	108.10	52.50	41.30	8.30	8.70
Peso de agua (g)	7.95	6.68	7.41	0.69	0.67
Peso de suelo seco (g)	23.05	19.64	21.98	2.58	2.59
% de Humedad	34.5	34.0	33.7	26.7	25.9
	LL = 34			LP = 7	



Realizado por : Tec. Jimi Cerquera
Revisado por : Ing. Jorge Zapata



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 59423



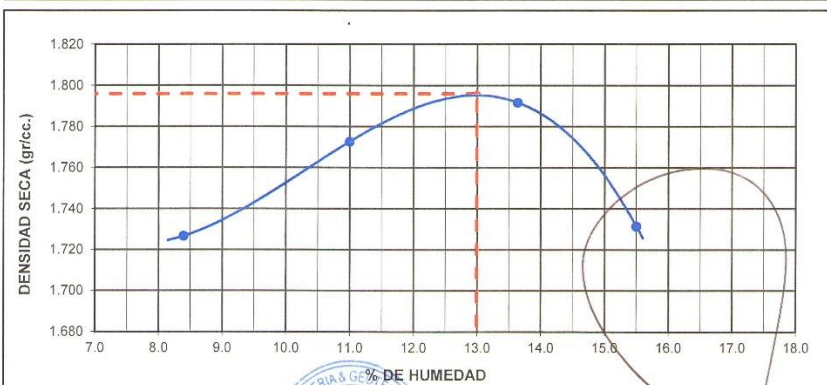
TESISTA : TORRES ATALAYA MARILYN VIVIANA
TITULO : ADICIÓN DE CONCRETO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN
LA AVENIDA PACASMAYO, URBANIZACIÓN LOS LAURELES, CALLAO 2021
UBICACIÓN : Urb. LOS LAURELES - CALLAO
FECHA : ABRIL DEL 2021

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

MUESTRA : TERRENO NATURAL

ENSAYO DE COMPACTACION											
VOLUMEN DEL MOLDE :		2105 cm3		PESO DEL MOLDE :		5870 g					
NUMERO DE ENSAYOS		1		2		3		4			
PESO DEL MOLDE + MUESTRA		(g)		9810		10012		10156		10080	
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA		(g)		3940		4142		4286		4210	
DENSIDAD HUMEDA		(g/cm3)		1.87		1.97		2.04		2.00	
DENSIDAD SECA		(g/cm3)		1.727		1.773		1.792		1.732	

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
TARRO N°.	1	2	3	4
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)	402.30	398.70	412.60	446.30
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)	378.90	369.10	375.20	400.10
PESO DE AGUA (g)	23.40	29.60	37.40	46.20
PESO DEL TARRO (g)	100.2	100.0	101.0	102.1
PESO DE SUELO SECO (g)	278.70	269.10	274.20	298.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.40	11.00	13.64	15.50
DENSIDAD MAXIMA SECA	1.796 g/cm ³	HUMEDAD OPTIMA		13.00 %



Hecho Por : Téc. Jimi C.

Observacion : Las 03 muestras presentan características similares, por ello se unieron para realizar un solo ensayo.



TESISTA : TORRES ATALAYA MARILYN VIVIANA
TITULO : ADICIÓN DE CONCRETO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN
LA AVENIDA PACASMAYO, URBANIZACIÓN LOS LAURELES, CALLAO 2021
UBICACIÓN : Urb. LOS LAURELES - CALLAO
FECHA : ABRIL DEL 2021

RESULTADOS DE ENSAYO DE LABORATORIO

MUESTRA : TERRENO NATURAL

I. ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Metodo A
Maxima Densidad Seca (gr/cm³) 1.796
Optimo Contenido de Humedad (%) 13.00

b).- Compactacion de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de Capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.796	1.692	1.573
Contenido de Humedad	13.00	13.00	13.00

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg. De penetración

MOLDE N°	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (Lbgr/pulg ²)	Presion Patron (Lb/pulg ²)	CBR %
I	0.1	204	1000	20.4
II	0.1	148	1000	14.8
III	0.1	61	1000	6.1

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 20.4
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 15.6

HECHO POR : Téc. Jimi C.



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

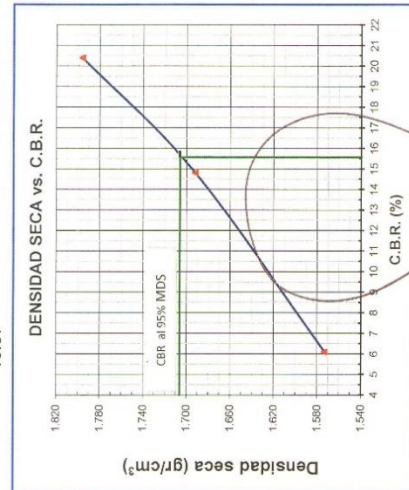
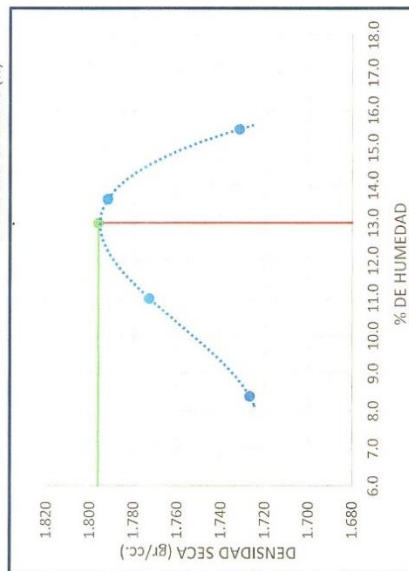
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68429



TESISTA : TORRES ATALAYA MARILYN VIVIANA
TITULO : ADICIÓN DE CONCRETO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN
UBICACIÓN LA AVENIDA PACASMAYO, URBANIZACIÓN LOS LAURELES, CALLAO 2021
FECHA : Urb. LOS LAURELES - CALLAO
: ABRIL DEL 2021

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883

MUESTRA	:	TERRENO NATURAL	Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	=	1.796
			Óptimo Contenido de Humedad (%)	=	13.00
			CBR al 100% de la MDS (%)	=	20.40
			CBR al 95% de la MDS (%)	=	15.57



Observación : No se registro expansion
Hecho por : Téc. Jimi C.

WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
JORGE ATALAYA CASTILLO
ING. CIVIL - CP 69423



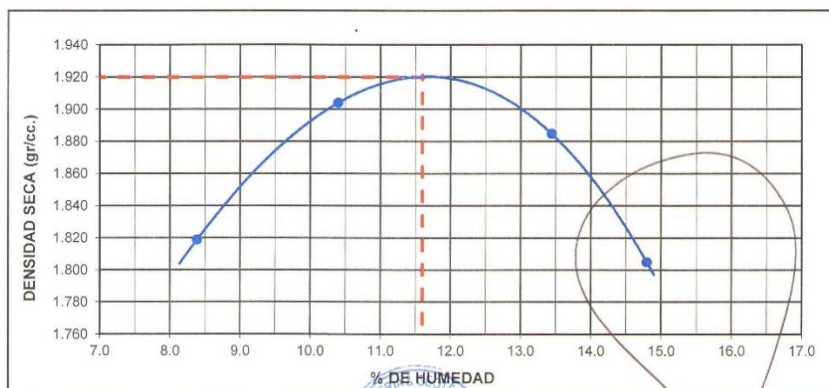
TESISTA : TORRES ATALAYA MARILYN VIVIANA
TITULO : ADICIÓN DE CONCRETO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN
LA AVENIDA PACASMAYO, URBANIZACIÓN LOS LAURELES, CALLAO 2021
UBICACIÓN : Urb. LOS LAURELES - CALLAO
FECHA : ABRIL DEL 2021

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

MATERIAL : 15% - CONCRETO RECICLADO

ENSAYO DE COMPACTACION				
VOLUMEN DEL MOLDE :	2105 cm ³	PESO DEL MOLDE :		5870 g
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (g)	10020	10295	10371	10232
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (g)	4150	4425	4501	4362
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	1.97	2.10	2.14	2.07
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.819	1.904	1.885	1.805

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
TARRO N°.	1	2	3	4
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)	471.30	409.60	379.30	360.30
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)	438.70	375.91	340.00	320.84
PESO DE AGUA (g)	32.60	33.69	39.30	39.46
PESO DEL TARRO (g)	50.1	52.0	47.7	54.2
PESO DE SUELO SECO (g)	388.60	323.91	292.30	266.64
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.39	10.40	13.45	14.80
DENSIDAD MAXIMA SECA	1.920 g/cm ³	HUMEDAD OPTIMA		11.60 %



Hecho Por : Téc. Jimi Cerquera



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

JORGE ZARATA CASTILLO
ING. CIVIL CIP 58428



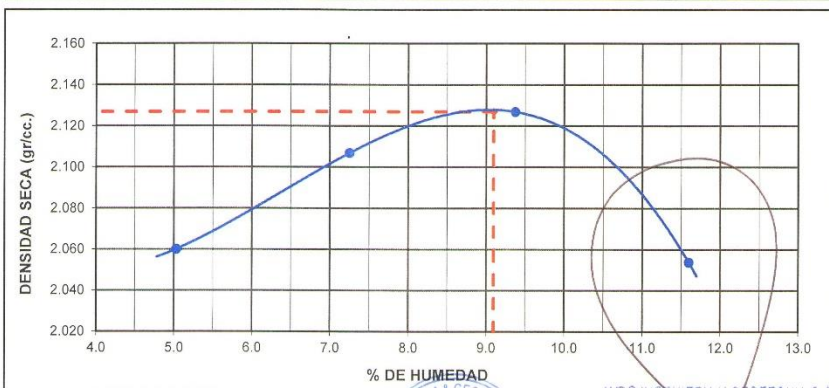
TESISTA : TORRES ATALAYA MARILYN VIVIANA
TITULO : ADICIÓN DE CONCRETO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA PACASMAYO, URBANIZACIÓN LOS LAURELES, CALLAO 2021
UBICACIÓN : Urb. LOS LAURELES - CALLAO
FECHA : ABRIL DEL 2021

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

MUESTRA : 20% - CONCRETO RECICLADO

ENSAYO DE COMPACTACION				
VOLUMEN DEL MOLDE :	2105 cm ³	PESO DEL MOLDE :		5870 g
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (g)	10425	10627	10767	10695
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (g)	4555	4757	4897	4825
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	2.16	2.26	2.33	2.29
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.060	2.107	2.127	2.054

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
TARRO N°.	1	2	3	4
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)	458.20	396.70	367.40	348.00
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)	438.70	373.40	340.00	317.40
PESO DE AGUA (g)	19.50	23.30	27.40	30.60
PESO DEL TARRO (g)	51.2	52.3	47.8	53.6
PESO DE SUELO SECO (g)	387.50	321.10	292.20	263.80
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.03	7.26	9.38	11.60
DENSIDAD MAXIMA SECA	2.127 g/cm ³	HUMEDAD OPTIMA		9.10 %



Hecho Por : Téc. Martín Correa



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - C.O. 58423



SOLICITA : TORRES ATALAYA MARILYN VIVIANA
OBRA : ADICIÓN DE CONCRETO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN
LA AVENIDA PACASMAYO, URBANIZACIÓN LOS LAURELES, CALLAO 2021
UBICACIÓN : Urb. LOS LAURELES - CALLAO
FECHA : ABRIL DEL 2021

RESULTADOS DE ENSAYO DE LABORATORIO

MUESTRA : 20% - CONCRETO RECICLADO

I. ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Metodo B
Maxima Densidad Seca (gr/cm³) 2.127
Optimo Contenido de Humedad (%) 9.10

b).- Compactacion de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de Capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.127	2.018	1.8
Contenido de Humedad	9.10	9.10	9.10

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg. De penetración

MOLDE N°	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (Lbgr/pulg ²)	Presion Patron (Lb/pulg ²)	CBR %
I	0.1	409	1000	40.9
II	0.1	285	1000	28.5
III	0.1	145	1000	14.5

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 40.9
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 28.5

HECHO POR : Téc. Martin Correa



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - D.P. 68428

Fuente: Laboratorio WRC INGENIO S.A.C.



WRC INGEO S.A.C.
INGENIERIA Y GEOTECNIA

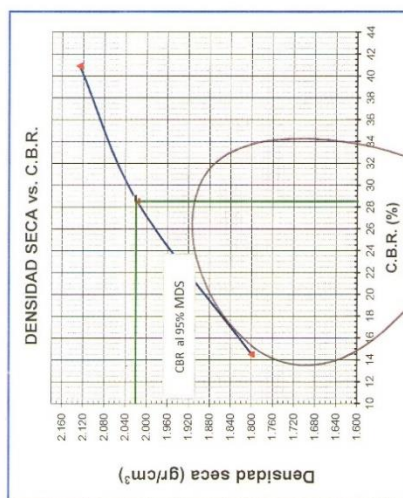
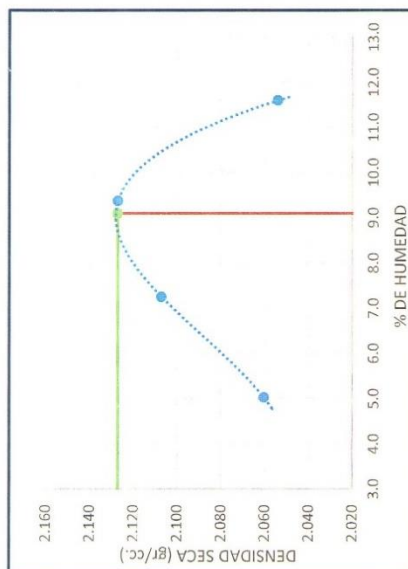
ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

SOLICITANTE : TORRES ATALAYA MARILYN VIVIANA
OBRA : ADICIÓN DE CONCRETO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA PACASMAYO, URBANIZACIÓN LOS LAURELES, CALLAO 2021
UBICACIÓN : Urb. LOS LAURELES - CALLAO
FECHA : ABRIL DEL 2021

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883

MUESTRA	20% - CONCRETO RECICLADO	Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.127
		Óptimo Contenido de Humedad (%)	9.10
		CBR al 100% de la MDS (%)	40.90
		CBR al 95% de la MDS (%)	28.50



Observación : No se registro expansion
Hecho por : Téc. Martín Correa



WRC INGENIO S.A.C.®
INGENIERIA Y GEOTECNIA

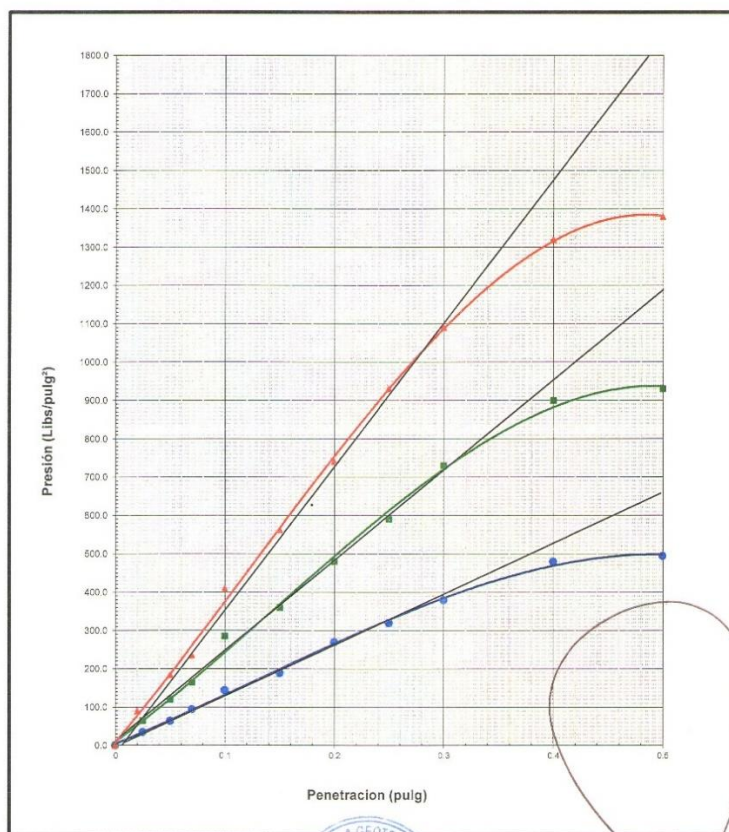
ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

SOLICITA : TORRES ATALAYA MARILYN VIVIANA
OBRA : ADICIÓN DE CONCRETO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN
LA AVENIDA PACASMAYO, URBANIZACIÓN LOS LAURELES, CALLAO 2021
UBICACIÓN : Urb. LOS LAURELES - CALLAO
FECHA : ABRIL DEL 2021

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883

MUESTRA : 20% - CONCRETO RECICLADO



HECHO POR : Téc. Martín Correa



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
JORGE ZARATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988'339 871 / 985 034 720
BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720
JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720
E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio WRC INGENIO S.A.C.

Anexo 5: Panel fotográfico



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia